

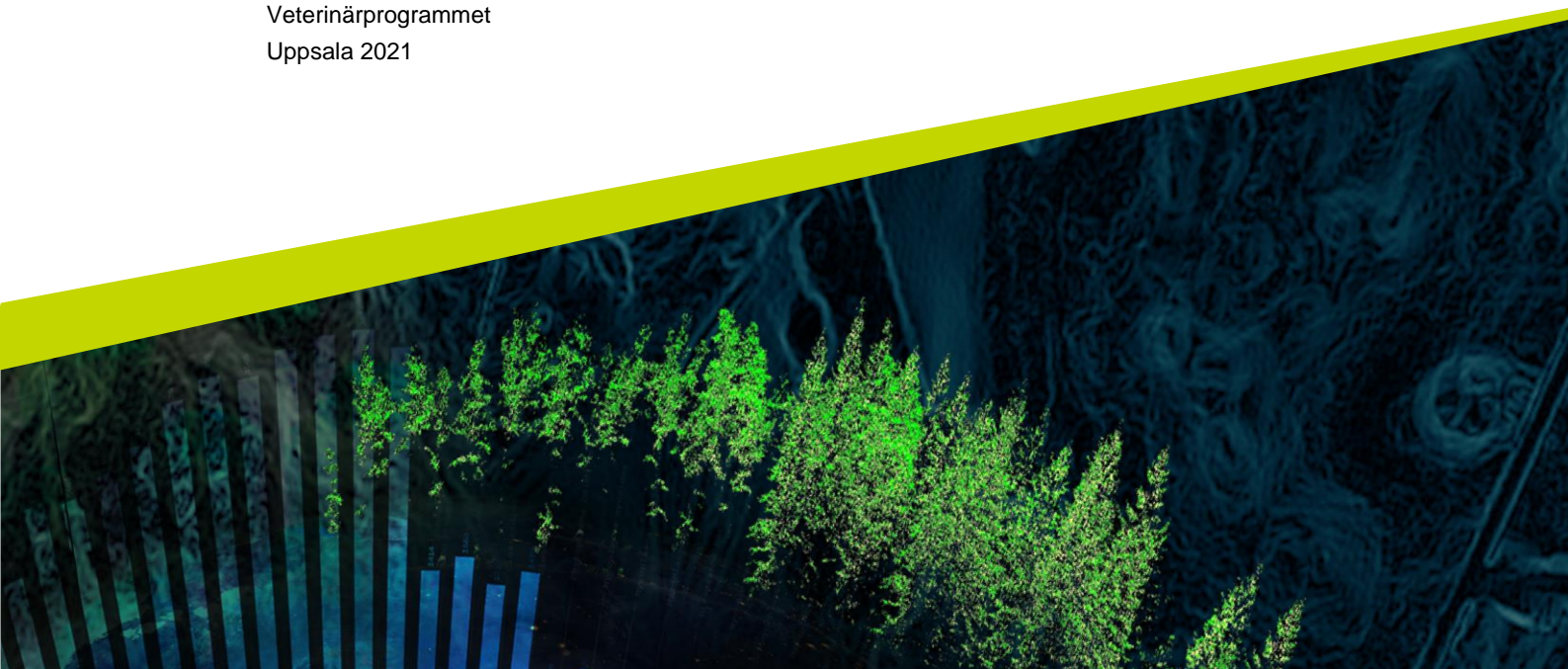


Objektiv rörelseanalys för mätning av hälta hos kliniskt halta kor

Objective motion analysis for measurement of lameness in clinically lame cows

Jenny Carlander

Examensarbete 30 hp
Sveriges lantbruksuniversitet, SLU
Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Veterinärprogrammet
Uppsala 2021



Objektiv rörelseanalys för mätning av hälta hos kliniskt halta kor

Objective motion analysis for measurement of lameness in clinically lame cows

Jenny Carlander

Handledare:	Marie Rhodin, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi
Bitr. handledare:	Katrina Ask, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi
Examinator:	Elin Hernlund, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för anatomi, fysiologi och biokemi
Omfattning:	30 hp
Nivå och fördjupning:	A2E
Kurstitel:	Självständigt arbete i veterinärmedicin
Kurskod:	EX0869
Program/utbildning:	Veterinärprogrammet
Kursansvarig inst.:	Institutionen för kliniska vetenskaper
Utgivningsort:	Uppsala
Utgivningsår:	2021
Nyckelord:	Mjölkkor, hälta, hältbedömning, tidig upptäckt, objektiv, automatisk, smärtbedömning

Sveriges lantbruksuniversitet

Fakulteten för veterinärmedicin och husdjursvetenskap
Institution för anatomi, fysiologi och biokemi

Publicering och arkivering

Godkända självständiga arbeten (examensarbeten) vid SLU publiceras elektroniskt. Som student äger du upphovsrätten till ditt arbete och behöver godkänna publiceringen. Om du kryssar i **JA**, så kommer fulltexten (pdf-filen) och metadata bli synliga och sökbara på internet. Om du kryssar i **NEJ**, kommer endast metadata och sammanfattning bli synliga och sökbara. Fulltexten kommer dock i samband med att dokumentet laddas upp arkiveras digitalt.

Om ni är fler än en person som skrivit arbetet så gäller krysset för alla författare, ni behöver alltså vara överens. Läs om SLU:s publiceringsavtal här: <https://www.slu.se/site/bibliotek/publicera-och-analysera/registrera-och-publicera/avtal-for-publicering/>.

☒ JA, jag/vi ger härmed min/vår tillåtelse till att föreliggande arbete publiceras enligt SLU:s avtal om överlåtelse av rätt att publicera verk.

☐ NEJ, jag/vi ger inte min/vår tillåtelse att publicera fulltexten av föreliggande arbete. Arbetet laddas dock upp för arkivering och metadata och sammanfattning blir synliga och sökbara.

Sammanfattning

Hälta hos mjölkkor medför lidande för korna och ekonomiska förluster för djurhållaren. En automatiserad metod för hältedetektion som går att använda i stallmiljö skulle kunna leda till tidigare upptäckt av hälta och minska de negativa konsekvenserna. Ett i praktiken välfungerande system för automatiserad hältövervakning finns inte idag och för utveckling av en sådan metod behöver rörelsemönstret hos halta och friska kor förstås bättre. Syftet med denna studie var att undersöka om huvudets och sacrum's vertikala rörelse i skritt kan användas för att objektivt avgöra om en ko är halt eller inte. Därför mättes kliniskt halta kor med accelerometerbaserade systemet EquiMoves före och efter behandling av hälta och det vertikala rörelsemönstret analyserades.

Slutsatsen dras att systemet tillåter upptäckt av bakbenschälta genom att mäta sacrum's rörelse, även om ett fåtal kor omfattas av mätningarna. Ytterligare studier behövs för att utvärdera tillämpbarheten samt vidare analys av rörelsevariabler för frambenhälta.

Nyckelord: Mjölkcor, hälta, hältbedömning, tidig upptäckt, objektiva metoder, automatisk, smärta

Abstract

Lameness in dairy cows is related to pain for the cows and economical losses for the farmer. An automated method for lameness detection that could be used in a stable could lead to earlier detection of disease, and reduce the negative consequences of the same. Such a method does not exist today, and to develop such a method the motion pattern for lame and healthy cows needs to be understood. The aim of this study was to investigate if the vertical displacement of the head and sacrum during walk can be used to objectively discern whether or not a cow is lame. Therefore, clinically lame cows were measured with the accelerometer-based system EquiMoves before and after treatment of lameness and the vertical motion was analyzed.

To conclude, the system allows hindlimb lameness to be detected, even if only a few cows are measured. Additional studies are required to evaluate the applicability for front leg lameness.

Keywords: Dairy cows, lameness, locomotion, lameness assessment, early detection, objective method, automatic, pain

Innehållsförteckning

1. Inledning.....	9
2. Litteraturoversikt	10
2.1. Hälsa hos mjölkkor – förekomst och betydelse.....	10
2.2. Hållning och rörelse hos frisk ko	11
2.3. Smärtbeteende hos ko	13
2.4. Subjektiv håltbedömning	16
2.4.1. Möjligheter och begränsningar	16
2.4.2. Parametrar och bedömningssystem vid subjektiv håltbedömning	16
2.5. Objektiv håltbedömning	19
2.5.1. Kinematisk rörelsemätning	20
2.5.2. Mätsystemet EquiMoves.....	22
2.5.3. Håltbedömning med kinetiska metoder	24
2.5.4. Håltbedömning med andra metoder	24
2.5.5. Är metoder för rörelseanalys av häst tillämpbara?	25
3. Material och metoder	26
3.1. Studieupplägg.....	26
3.2. Urval av kor	26
3.3. Tillvägagångssätt vid rörelsemätning	28
3.4. Bearbetning och statistisk analys av rörelsedata	29
3.4.1. Bearbetning av rörelsedata.....	29
3.4.2. Statistisk analys	30
4. Resultat.....	31
5. Diskussion.....	35
6. Konklusion	39
Referenser.....	40
Tack	46
Populärvetenskaplig sammanfattning	47

1. Inledning

Hälta hos mjölkkor är ett omfattande djurväl-färdsproblem som även får stora produktionsekonomska effekter (Van Nuffel *et al.*, 2015a). Tidig upptäckt av hälta och snabbt insatt behandling har stor betydelse för att minska hältprevalensen (Whay, 2002). Det vanligaste sättet att upptäcka halta kor är att djurskötaren lägger märke till hälta vid det dagliga arbetet (Horseman *et al.*, 2014). I de fall planerad hältbedömning utförs sker det subjektivt med hjälp av graderingsskalor, men metoden har begränsningar kopplade till stallmiljö, tidsbrist och observatörsbias. Djurägare underskattar hältprevalensen i sin besättning och utomstående subjektiva bedömare uppvisar låg samstämmighet vid gradering av hälta. Särskilt lindrigare hältor, vilka är viktiga att hitta för en tidigare upptäckt, missas lätt. (Fabian *et al.*, 2014). Ett automatiserat objektivt övervakningssystem skulle sannolikt kunna påverka hältprevalensen positivt (Flower *et al.*, 2009).

I stort sett samtliga objektiva studier för rörelseanalys av kor som ingår i det här arbetets litteraturredel bygger på mätning av samma parametrar som används vid subjektiv hältbedömning. I många fall har dessutom subjektiva bedömare använts för att verifiera hur väl den studerade objektiva metoden fungerar. För att fastställa om någon enskild parameter skulle vara möjlig att använda för hält-detektion är objektiv analys av parametrar betydelsefullt. Såvitt under-tecknad känner till har ingen av de objektiva metoder för hält-detektion som studerats fått genomslag på gårdsnivå. Vidare utveckling av en i praktiken användbar objektiv metod behövs, och de parametrar som väljs för att identifiera hälta med ett automatiserat objektivt system behöver vara utvärderade med en objektiv metod för att få en högre precision och säkerhet i hältbedömningen.

För att utveckla ett objektivt rörelseanalyssystem för nöt behöver rörelse i skritt både hos frisk och halt ko studeras och mätas. Systemet som användes i denna studie, EquiMoves, är validerat med objektiva metoder vid rörelsemätning på häst och uppvisade då hög precision, framförallt vid mätning av huvudets och sac-rums vertikala rörelse. Syftet med det här examensarbetet är att undersöka om mätning av huvudets och sac-rums vertikala rörelse med ett trådlöst sensorsystem kan användas för att påvisa hälta hos mjölkkor i skritt. Hypotesen är att en bakbenshälta ger en mer asymmetrisk vertikal rörelse.

2. Litteraturöversikt

2.1. Hälsa hos mjölkkor – förekomst och betydelse

Den tredje vanligaste orsaken till för tidig utslagning av mjölkkor är hälsa (Sogstad *et al.*, 2007). Forskningen är samstämmig kring faktumet att hälsa hos mjölkkor är ett betydande djurväl-färdsproblem. Medelprevalensen av hälsa från artiklar i den här litteraturstudien är 20-37 %, med stor variation mellan besättningar och länder. (Barker *et al.*, 2010; Popescu *et al.*, 2013; Solano *et al.*, 2015; Sjöström *et al.*, 2017; Griffiths *et al.*, 2018).

En rekommendation från Nordlund *et al.* (2004) är att åtgärder sätts in vid en hält-prevalens på 15 %, vilket innebär att behov av en förbättrad hältövervakning skulle föreligga hos de flesta mjölk-kobesättningar. Hält-prevalensen underskattas i regel av djurhållare vilket visades i en studie med över 20 000 kor genomförd av Fabian *et al.* (2014), då djurhållarna endast identifierade 25 % av de halta korna. Prevalensen vid ett bedömningstillfälle ger en ögonblicksbild. Andelen individuella kor som årligen drabbas av hälsa var 55 % (Clarkson *et al.*, 1996) och i en annan studie 70% (Popescu *et al.*, 2013).

Hälsa definieras av O'Callaghan (2002) som ett ändrat rörelsemönster i syfte att avlasta smärtande anatomisk struktur i rörelseapparaten. Kon upplever ett fysiskt lidande som påverkar hennes beteende. En ko med smärta från rörelseapparaten rör sig ogärna vilket leder till kortare ättid och minskad mjölkproduktion (Walker *et al.*, 2008). Enligt Reader *et al.* (2011) kunde en nedgång i produktionen ses redan åtta veckor innan en klinisk hälsa var uppenbar. Produktionsminskningen kvarstod sedan i genomsnitt tre veckor efter inledd behandling.

I de fall frivilligt mjölkningssystem tillämpas kan färre besök i mjölkroboten ses vid hälsa (Borderas *et al.*, 2008). Utöver mjölkproduktionsbortfall får kon ett minskat hull och visar ofta mindre tydligt brunstbeteende vilket får till följd att intervallet förlängs mellan dräktigheter och därigenom ökar risken för tidig utslagning (Booth *et al.*, 2004).

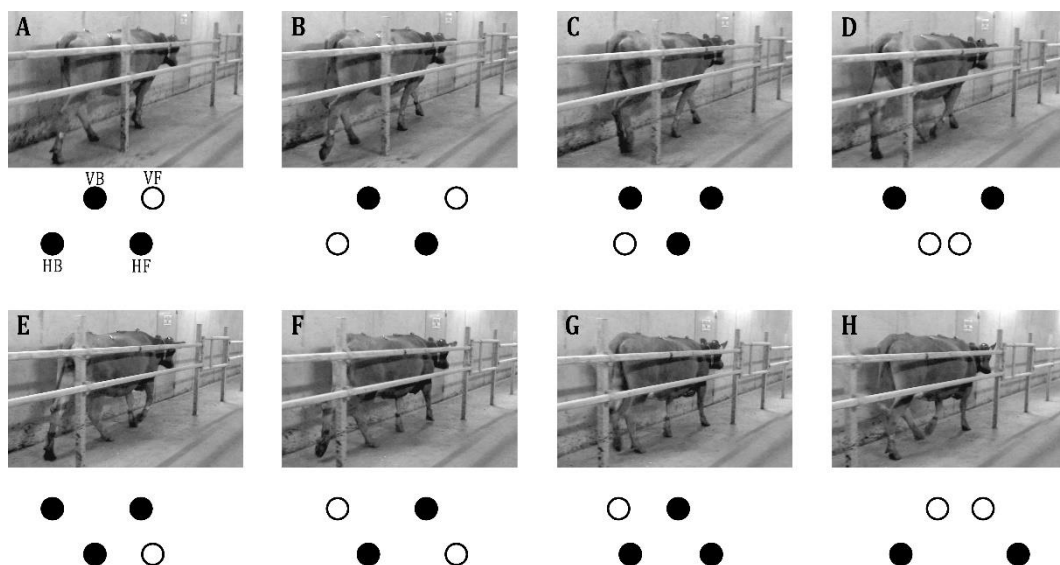
Hälta är ett dyrt hälsoproblem hos mjölkkor, tredje största enligt Van Nuffel *et al.* (2015a), men de hältorsakade produktionsekonomiska förlusterna är otydliga i kalkyler jämfört med de kostnader som förknippas med juverhälsoproblem och sämre reproduktion. Risken finns att den ekonomiska betydelsen av hälta underskattas av lantbrukare som därför inte lägger tillräckligt fokus på hältövervakning i djurhälsoarbetet (Leach *et al.*, 2010). Lantbrukares inställning kring de halta kornas situation visar att de flesta lantbrukare medger att hälta innebär ett lidande för kon, men också att kostnader för bättre djurvälstånd anses svåra att få tillbaka vid försäljning av det som produceras (Austin *et al.*, 2005).

Framgångsrik behandling av hälta är beroende av tidig upptäckt och snabbt insatta åtgärder (Whay, 2002; Van Nuffel *et al.*, 2015b). Tidig upptäckt kan fördröjas av att kon är ett bytesdjur som ogärna visar att hon har ont O'Callaghan (2002). Glerup *et al.* (2015) menar däremot att det är möjligt att effektivt identifiera kor med smärta genom att använda smärtbedömning med hjälp av en smärtskala. Alla insatser på besättningsnivå som kan leda till att hitta halta kor tidigare är värdefulla.

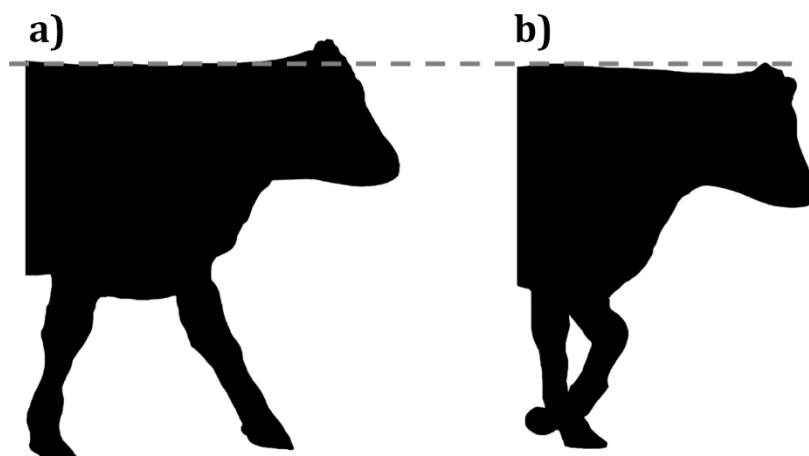
2.2. Hållning och rörelse hos frisk ko

För att hitta avvikelser i rörelsemönstret behövs en god förståelse för hur kroppshållning, förflyttning och belastning av ben ser ut hos en frisk ko. En ko står normalt med alla benen rakt under sig och vikten fördelas jämnt mellan dem. Rygglinjen är rak både vid stillastående och under gång och höftknölna befinner sig i jämnhöjd med varandra (Whay, 2002).

Vanligen rör sig kor i gångarten skritt, som är en fyrtaktig gångart där alla ben belastas jämnt och tar lika långa steg. Stegcykeln i skritt visas i Figur 1 och börjar med ett bakben, därefter flyttas samma sidas framben innan nästa bakben, vilket även det leder till förflyttning av det samsidiga frambenet. När alla ben rört sig framåt är en stegcykel avslutad, och nästa börjar. Kon belastar samtidigt två eller tre ben. Trebensunderstöd ses under 18% av stegcykeln hos friska kor (Flower *et al.*, 2005). Bakklöven trampar i eller strax bakom avtrycket efter samma sidas framklöv. Svävmoment, vilket kan ses i trav och galopp, saknas. Rörelsen för varje ben delas in i upplyftande av ben, pendelfas, nedsättande av ben och sist understödsfas då benet är viktbärande (Van Nuffel *et al.*, 2015a). En stegcykel börjar vid maximal belastning av ett bakben som förflyttas, och avslutas nästa gång det benet belastas igen. Då har alla andra ben också rört sig framåt (Alsaad *et al.*, 2017). Hos friska kor i invand miljö uppmättes steglängden 1,40 m och gånghastighet 1,11 m/s av (Flower *et al.*, 2005).

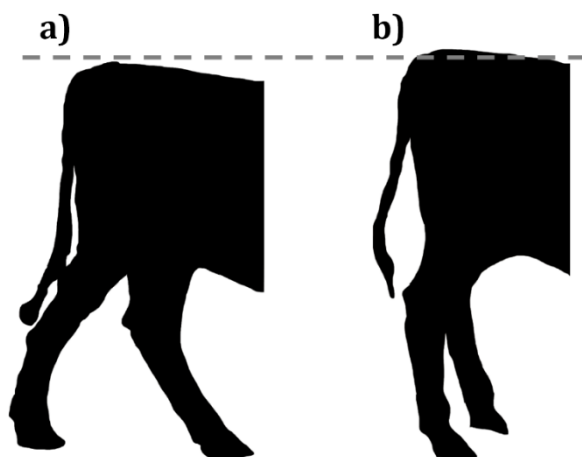


Figur 1. Komplet stegcykel i skritt för en ko uppdelad i åtta faser, A-H. Belastning illustreras under respektive fotografi genom ifylld cirkel för belastad klöv, tom cirkel för obelastad klöv.



Figur 2. Illustration av huvudets vertikala rörelse för en ko i skritt, relativt benens läge i stegcykeln, a) huvudets högsta position, b) huvudets lägsta position.

Huvudets vertikala rörelse i skritt beskrivs i en studie som kombinerat kinematik med en datamodell (Loscher *et al.*, 2016). Studien omfattade 19 arter fyrfota djur, bland annat häst och de ko-liknande djuren gnu och zebu. Hos dessa kunde det fastställas att huvudet rör sig symmetriskt två gånger i vertikal riktning varje steg om djuret är ohalt. Huvudet har sin högsta position i stegcykeln när båda frambenen bär vikt och sin lägsta position då endast ett framben belastas. Att röra huvudet på det sättet visade sig vara energibesparande, vilket är viktigt eftersom skritt är den mest använda gångarten. Huvudets högsta respektive lägsta position i skritt illustreras i Figur 2. I en ännu ej publicerad studie av Tijssen *et al.* (submitted 2020) sågs dock ovan nämnda symmetri endast hos hälften av korna.



Figur 3. Illustration av sacrum's vertikala rörelse för en ko i skritt, relativt benens läge i stegcykeln, a) sacrum's lägsta position, b) sacrum's högsta position.

Sacrum's vertikala rörelse hos en frisk ko i skritt är sparsamt studerat. Inom hästforskningen finns beskrivet att tuber sacrale rör sig vertikalt två gånger per stegcykel och har sin högsta punkt när respektive bakben är mitt i belastningsfasen, rakt under hästen (Buchner *et al.*, 1996). En ännu ej publicerad kinematisk studie av Tijssen *et al.* (submitted 2020), som använde accelerometrar fästa vid alla fyra ben och längs kons överlinje, kunde dra slutsatsen att samma förhållande för tuber sacrales vertikala rörelse gäller för ko som Buchner tidigare beskrivit för häst. Sacrum's högsta respektive lägsta position i skritt illustreras i Figur 3.

Underlaget har betydelse för hur kon rör sig. Enligt Phillips and Morris (2001) påverkas kons steglängd och stegcykel av friktionen på så vis att lägre friktion och större halkrisk ger kortare steglängd med högre stegfrekvens. Då friktionen i underlaget ökade och gav bättre fäste gick korna med lägre stegfrekvens och längre steglängd. (Alsaad *et al.*, 2017) har beskrivit friska kons rörelse i skritt på bete respektive på hårt underlag och då sett en signifikant skillnad i kons gång mellan de olika underlagen. Gånghastigheten var högre och belastningsfasen och steglängden var längre på bete än på hårdgjord yta. Hur kon rör sig påverkas också av sociala interaktioner och trängsel mellan kor (Poursaberi *et al.*, 2010).

2.3. Smärtbeteende hos ko

Hälta associeras vanligen med smärtsamma tillstånd från rörelseapparaten (O'Callaghan, 2002). Sannolikt var det evolutionärt fördelaktigt för nöt att dölja smärta då flockdjur med avvikande beteende väckt uppmärksamhet hos attackerande rovdjur. Vid en översiktlig undersökning av nöt kan smärta vara svårupptäckt, men en erfaren person kan notera små förändringar hos kon som beror på smärta (Livingston, 2010). Nöt har traditionellt ansetts tåliga och visar enligt

Weary *et al.* (2006) ogärna att de har ont. Smärta hos djur leder till förändrat beteende som reducerad aktivitet (Roughan and Flecknell, 2003). Förändringar som lägre foderintag och minskad vikt kan ses efter en tid men kan vara svårt att upptäcka genast i en större grupp med djur. Smärtbedömning kan ske genom mätning av fysiologiska parametrar som hjärtfrekvens och plasmacortisol nivå, men dessa påverkas även av stress. Tidig diagnos och insatt behandling har stor betydelse för djurvälfaerden (Weary *et al.*, 2006). Att utvärdera effekten av smärtlindring till djur kan vara svårt menar (Livingston, 2010).



Figur 4. Exempel på ko med smärtuttryck. Hon undviker ögonkontakt och öronen hålls lägre än normalt.

Det finns ingenting i kons anatomi eller fysiologi som gör att de skulle vara mindre känsliga för smärta än andra djur (Gleerup *et al.*, 2015). Nöt visar tydliga tecken på smärta om man tittar efter dessa och det är viktigt att skilja smärtbeteenden från normala beteenden för att säkra djurvälfaerden. Exempel på ko med smärtuttryck visas i Figur 4. Gleerup *et al.* (2015) har tagit fram ett protokoll för smärtbedömning hos nöt, *the Cow Pain Scale* (Tabell 1) för användning vid det dagliga arbetet med djuren. Denna är utformad för smärtbedömning av djur som är vana vid människor i syftet att upptäcka smärtsamma tillstånd samt för att bedöma effekt av smärtlindring

Tandgnissling, kolik, vokalisering och head pressing är tecken på svår smärta, som ses relativt sällan och är därför inte med i *the cow pain scale*, men är viktiga att känna till (Gleerup *et al.*, 2015).

Anledningar till att djuren undanhålls smärtlindring kan vara att smärtecken inte känns igen eller okunskap om hur smärta hos djurslaget behandlas (Hugonnard *et*

al., 2004). Även då smärtbeteende känns igen hos djur kan det hända att de inte får behandling (Weary *et al.*, 2006). Såväl veterinärer som lantbrukare är restriktiva med smärtlindring till nötdjur enligt Thomsen *et al.* (2012). Ekonomiska skäl, som till exempel karenstid på mjölk från behandlade djur, kan påverka användningen av smärtlindring hos lantbruksdjur (Flecknell, 2008). Thomsen *et al.* (2012) anser att införande och användning av smärtbedömningsskalor för olika vanliga sjukdomstillstånd förhoppningsvis kan medföra att djur som har ont smärtlindras i större omfattning.

Tabell 1 The cow painscale, efter (Gleerup *et al.*, 2015)

Gradering	0	1	2
Uppmärksamhet för omgivningen	Aktiv och uppmärksam Äter, idisslar, putsar, etc. Kon är uppmärksam/uppmärksamhetssökande/nyfiken	Tyst/dämpad Kon är inaktiv, undviker ögonkontakt, kan röra sig bort från observatören	
Huvudets läge	Högt/i höjd med manken Kon är aktiv, äter, idisslar eller kontaktsökande/nyfiken	I höjd med manken Kon är inaktiv, varken äter, idisslar, putsar sig eller sover	Lågt Kon är inte aktiv, varken äter, idisslar, putsar sig eller sover: Kan lägga sig kort efter att ha ställt sig upp
Öronens läge	Bägge öronen framåt, eller ett öra framåt eller bakåt och det andra lyssnar	Öronen bakåt/assymetriska öronrörelser Bägge öronen bakåt eller rör sig i olika riktningar (inte framåt eller bakåt)	Bägge öronen riktade åt sidorna och lägre än vanligt; Öronöppningen något nedåtriktad
Ansiktsuttryck	Uppmärksam/neutral Kon är uppmärksam, fokuserad på en uppgift (äter, idisslar) eller sover	Spänt uttryck/stramt utseende Kon ser ut att vara orolig eller spänd, fårör ovanför ögonen och rynkor ovanför näsborrarna.	
Respons på närmande	Ser på observatören, huvudet upp, öronen framåt, eller upptagen med aktivitet (putsning, idissling)	Ser på observatören, öronen ej framåtriktade, avlägsnar sig vid närmande	Ser- eller ser inte på observatören, huvudet lågt, öronen ej framåtriktade, kan avlägsna sig långsamt
Ryggens läge	Normal	Något krum	Krum

2.4. Subjektiv hältbedömning

2.4.1. Möjligheter och begränsningar

Bedömningen om en ko är halt eller inte har traditionellt gjorts subjektivt av djurägare eller utomstående bedömare. Fördelar med sådan hältbedömning är att metoden är enkel att tillämpa och inga dyra investeringar krävs (Cramer *et al.*, 2008). En systematisk regelbunden hältbedömning av alla djur utförd av utbildad observatör har visat sig minska hältprevalensen på besättningsnivå (Nordlund *et al.*, 2004, Cramer *et al.*, 2008). Dock är det få djurhållare som tillämpar detta. De hältor som upptäcks och behandlas hittas vanligen vid rutinarbete i ladugården eller vid ordinarie klövverkning (Horseman *et al.*, 2014). Detta innebär att lindrigare hältor missas och behandling fördröjs (Leach *et al.*, 2010).

Den som utför den subjektiva hältbedömningen måste ha god kunskap i normalt beteende och rörelsemönster hos kor (O'Callaghan *et al.*, 2003). Metoden är tidskrävande (Cramer *et al.*, 2008) och observatörsbias kan ha stor påverkan på bedömningen. Möjliga felkällor är hur graderingsskalan tolkas, att smärtutlösta beteenden förbises och att observatören har förutfattade meningar om hälsoläget. De praktiska förutsättningarna som utformning av djurutrymme, golvyta, kotrafik, trängsel och rangordning mellan kor har betydelse för möjligheten att bedöma hur korna rör sig. Djurhållare underskattar hältprevalensen i besättningen även i de fall då hältscoring utförs vilket medför ett ökat lidande hos korna och ekonomiska förluster (Whay, 2002; Espejo *et al.*, 2006; Leach *et al.*, 2010; Fabian *et al.*, 2014).

Inter- och intra-överensstämmelsen mellan bedömare vid subjektiv hältbedömning är låg. Studier med videoinspelade kor och samma film som förekommer vid flera tillfällen har fått olika gradering av enskilda bedömare (Flower *et al.*, 2009). Det har visat sig vara särskilt svårt att upptäcka lindrigare hältor, vilka är av stor vikt för att kunna sätta in behandling tidigt och på så vis minska djurens lidande och produktionsbortfallet (Espejo *et al.*, 2006).

2.4.2. Parametrar och bedömningssystem vid subjektiv hältbedömning

Det råder en vetenskaplig samstämmighet kring att nedanstående parametrar som traditionellt brukas i hältbedömningssystem är användbara för att identifiera hälta hos kor. Chapinal *et al.* (2009) samt Thomsen *et al.* (2008) menar att bedömning av en enskild relevant parameter är en väg att effektivisera arbetet med att tidigare upptäcka hälta, medan Poursaberi *et al.* (2010) säger att ingen enskild parameter är

säker nog att användas fristående utan att ta hänsyn till övriga då stora individuella skillnader mellan kor kan ses. Parametrarna summeras nedan.

Avlastning av ben: Halta kor avlastar det smärtande benet och har trebenssupport under 42 % av stegcykeln, jämfört med 18 % hos friska kor (Flower *et al.*, 2005).

Kortare steglängd: Normalt trampar bakklöven i eller strax bakom framklövens avtryck. Vid hälta tar kon i regel ett kortare kliv med det halta benet för att minska belastningen på detsamma (Scott, 1989; Flower *et al.*, 2006).

Långsam gång: Bedömning av gånghastighet förekommer vid hältbedömning. En halt ko rör sig långsammare och med fler pauser än en frisk ko. Dock skall tas i beaktande att om en ko vill gå eller inte kan bero på andra saker än smärta (Whay, 2002).

Nivåskillnad tuber coxae: Normalt är bägge tuber coxae i jämnhöjd – vid bakbenshälta kan en nivåskillnad ses (Whay, 2002).

Adduktion eller abduktion av ben: Istället för att placeras rakt under kroppen kan ben föras ut från eller närmare kroppen än normalt för att undvika smärta (Channon *et al.*, 2009).

Nickning med huvudet: När kon belastar det ohalta benet sänks huvudet mer än när det halta benet belastas. Kan främst ses vid frambenshälta men i vissa fall även vid bakbenshältor (Whay, 2002).

Rygglinjen: Enligt Sprecher *et al.* (1997) ses en krum rygg hos kor i rörelse redan vid en lindrigare hälta, medan kor som krummar med ryggen även stillastående har en kraftigare hälta. Krum rygg uppstår hos bakbenshalta kor när de omfördelar vikt till frambenen (Poursaberi *et al.*, 2010).

I de olika subjektiva graderingssystem för hältbedömning som finns graderas varje parameter vanligen i skalor 1-3, 1-5 eller 1-9. Tabell 2 och Tabell 3 visar exempel på två vanligen förekommande hältbedömningssystem.

Tabell 2. Numeriskt bedömningssystem för hältbedömning, anpassat från (Flower and Weary, 2006)*, översatt till svenska av Carlander 2018.

Bedömning	Beskrivning	Beteendekriterier
1.0	Jämn och flytande rörelse	Ingen abduction/adduktion av bakben Rak rygg Stadig huvudhållning Bakklövar ansätts i spår eller framför framklövar Fri rörlighet i leder Symmetrisk gång Vikten jämnt fördelad på benen
2.0	Påverkad rörelse men förmåga att röra sig fritt ej nedsatt	Minimal abduction/adduktion av bakben Rak eller lätt krum rygg Stadig huvudhållning Bakklövar ansätts inte perfekt på- eller i spår från framklövar Leder något styva Lätt asymmetrisk gång Vikten jämnt fördelad på benen
3.0	Rörelse möjlig men förmåga att röra sig fritt är nedsatt	Abduction/adduktion av bakben Krum rygg Stadig huvudhållning Bakklövar ansätts inte på- eller i spår från framklövar Leder påvisar tecken på styvhet men begränsar inte rörelsefrihet Asymmetrisk gång Viss hälta kan skönjas
4.0	Möjlighet att röra sig fritt är uppenbart begränsad	Abduction/adduktion av bakben Uppenbart krum rygg Lätt nickning med huvudet Bakklövar ansätts inte på- eller i spår från framklövar Steg är tveksamma och avsiktliga, leder är styva Asymmetrisk gång Motvilja till att bära vikt på minst ett ben men använder fortsatt benet för rörelse
5.0	Möjlighet att röra sig fritt är kraftigt begränsad och djuret behöver kraftig uppmaning för att röra sig	Abduction/adduktion av bakben Extremt krum rygg Tydlig nickning med huvudet Bakklövar ansätts inte på- eller i spår från framklövar och steglängden är kort Uppenbar ledstyvhet karakteriserat av brist på ledmjukhet och med mycket tveksamma och avsiktliga steg Asymmetrisk gång Oförmåga att bära vikt på ett eller flera ben

*Om en ko överskrider kraven för en specifik bedömningsnivå tilldelas ett halvt poäng i tillägg.

Tabell 3. Kriterier som används för att gradera hälta baserat på (Sprecher *et al.*, 1997), av Carlander 2018.

Hältpoäng	Klinisk beskrivning	Utökad beskrivning
1	Normal	Kon står och går med jämn rygg. Normal gång.
2	Lindrig hälta	Kon står med rak rygg men krummar när hon går. Normal gång.
3	Moderat hälta	Tydligt krum rygg både när kon står och går. Kortare steg med ett eller flera ben
4	Halt	Ryggen alltid tydligt krum. Tar ett steg i taget. Belastar ett eller flera ben mer än de andra.
5	Kraftig hälta	Kon visar oförmåga eller tydlig ovilja att belasta ett eller flera ben

2.5. Objektiv hältbedömning

Flera forskare har genom åren undersökt säkerhet och repeterbarhet vid subjektiv hältbedömning och kommit fram till att bedömare har svårt att identifiera lindriga grader av hälta, att överensstämmelsen mellan olika bedömare samt vid upprepade egen gradering är låg. Därmed riskerar halta kor att få vänta längre på upptäckt och behandling. Behovet av att utveckla en automatiserad, objektiv metod för hältövervakning föreligger (Flower *et al.*, 2009; Van Nuffel *et al.*, 2015a; Schlageter-Tello *et al.*, 2014). En sådan metod skulle bland annat möjliggöra tidigare upptäckt av hältorsakande patologier och underlätta uppföljning av behandlade kor (Alsaad *et al.*, 2017).

Grundläggande krav på ett system för automatisk, objektiv hältövervakning är att det gör korrekta bedömningar och kan identifiera även lindriga hältor (Alsaad *et al.*, 2017). Inom området rörelseanalys och hältbedömning av hästar finns flera objektiva metoder som vid studier visat sig upptäcka hälta tidigare än vana bedömare. Ett exempel på sensorsystem som kan upptäcka hälta tidigt beskrivs av (McCracken *et al.*, 2012) och ett sådant system som har fått stort genomslag vid klinisk hältutredning av häst är Lameness Locator som använder tre accelerometrar för att mäta symmetrin i huvudets och sacrum vertikala rörelse kopplat till stegcykeln. Hästar hältutreds vanligen i gångarten trav, vilket gör det svårt att rakt av använda analysystem utarbetade för häst på nöt.

Då en automatiserad hältövervakning oftast baseras på mätning av en av de hältparametrar som används vid subjektiv bedömning är det viktigt att fastställa vilka parametrar som är mest relevanta att titta på för att identifiera hälta tidigt och som därmed är användbara för att utveckla automatiserade övervakningssystem. Om

man vet vilka parametrar som är bäst skulle utvecklingen av ett automatiserat hältövervakningssystem underlättas (Van Nuffel *et al.*, 2009).

Schlageter-Tello *et al.* (2015) kom i sin studie fram till att de parametrar som hade bäst koppling till poäng vid subjektiv bedömning var krum rygg, avlastning av ben, samt asymmetrisk gång, och drar därför slutsatsen att det är vid dessa tre parametrar fokus måste ligga vid utvecklande av hältbedömningsskalor samt automatiserad övervakning.

Lantbrukare i en intervjustudie av Van De Gucht *et al.* (2017) föredrog ett system med sensorer på individuella kor framför andra automatiserade övervakningssystem. I en reviewartikel av (O'Leary *et al.*, 2020) föreslås att utveckling av ett hältövervakningssystem med en accelerometer per ko skulle vara tillämpbart på gårdsnivå och att fler studier behövs för att hitta en enskild parameter som med den tekniken med säkerhet kan skilja mellan halt och ohalt ko.

Objektiva metoder gör det möjligt att mäta mindre rörelseasymmetrier än det mänskliga ögat normalt uppfattar. Försiktighet med att benämna alla asymmetrier som hältor bör iakttas. Med hälta avses en rörelseasymmetri som anses ha sitt ursprung i en smärtorsakande patologi, vilket förstärker behovet av smärtbedömning i anslutning till objektiv mätning av asymmetrier (van Weeren *et al.*, 2017).

2.5.1. Kinematisk rörelsemätning

Kinematisk rörelseanalys innebär mätning av en kroppsdelens positionsförändring över tid. Mätning kan ske med accelerometer, bildbehandlingsteknik eller höghastighetskameror. För att skapa optimala förutsättningar för rörelsemätning utan påverkan av till exempel kotrafik och rangordning kan kon drivas i en gång, gå på ett skrittband eller ledas vid hand.

Den första kinematiska studien som gjordes med syftet att mäta stegcykeln hos friska respektive halta kor objektivt genomfördes av Flower *et al.* (2005). Hälta definierades genom att fastställa om kon hade klövsulesår eller inte. Man försåg 48 kor med markörer i form av reflexband på alla fyra ben strax över kotleden. Korna videofilmades när de gick i en för ändamålet iordningställd gång. Steglängd, steghöjd, och hur länge varje ben belastades mättes från videofilmen och analyserades sedan med kalibreringssystemet PEAK motus 3.2. Studien visade att halta kor rörde sig långsammare än friska. De hade trebenssupport under 42 %, av stegcykeln att jämföra med ohalta kor som hade trebenssupport 18 % av stegcykeln. De halta korna lyfte inte det halta benet lika högt under pendelfasen som de ohalta. Största skillnaden kunde ses på bakbenen. Slutsatsen som drogs var att den här typen av mätning fungerar bra för att identifiera halta kor i forskningsstudier, men är svår att tillämpa i vardaglig djurhållning.

Vid mätning av övertramp, hur bakklöven sätts ned i förhållande till samma sidas framklöv var det möjligt att hitta kor som vid subjektiv bedömning graderades som halta. Dock var de individuella skillnaderna stora och sambandet inte tillräckligt starkt för att metoden med att mäta övertramp ska kunna användas för att identifiera halta kor (Pluk *et al.*, 2010).

Song *et al.* (2007) videofilmade benen på mjölkkor och mätte tiden för varje benförflyttning. Fokus i studien var att jämföra varje ben med övriga ben. Mätningen kontrollerades mot tre subjektiva hältbedömare som använde en förenklad bedömningsskala med 3 nivåer och enligt den jämförelsen är det möjligt att upptäcka halta hos kor genom att mäta tid för benförflyttningen.

Herlin *et al.* (1997) fäste markeringar på ledvinklar på både fram och bakben hos kor som sedan leddes i en asfaltgång och filmades med höghastighetskamera. Filmerna analyserades med avseende på ledvinklar, och artikelförfattarna menar att studiens resultat bland annat kan användas för att avgöra om en ko rör sig normalt eller inte.

Beer *et al.* (2016) använde sig av rörelsemätning med 3D accelerometer på båda bakbenen i kombination med en sensor på nosbandet som registrerade ätbeteende för att hitta halta kor. Halta kor uppvisade signifikant kortare ät- och idisslingstid, längre liggstid, kortare ättid, tog färre och kortare steg samt gick långsammare. Slutsatsen blev att man enbart med accelerometer kan hitta halta kor även med lindrigare hältor genom deras ligg-, stå- och gå-beteende. Antalet perioder av stillastående och gånghastigheten hade sensitivitet och specificitet på över 90% för att identifiera halta kor.

Thorup *et al.* (2015) mätte rörelse och liggstid med hjälp av accelerometer på bakbenen på totalt 348 kor på fyra olika gårdar och kom fram till att aktivitetsnivån minskade redan vid lindrig halta och att perioderna med rörelse blev kortare med ökad hältgrad. Vid låggradiga hältor sågs beteendet att trampa om och ändra belastning på benen. Detta ökade med hältgraden. Hältbedömning skedde subjektivt med utbildad bedömare. Slutsatsen blev att hältövervakning med hjälp av accelerometer är värt att undersöka vidare.

I en studie med halta och ohalta kor vars rörelse analyserades med en accelerometer fäst vid alla fyra ben sågs asymmetri i bakbenens rörelse hos halta kor (Pastell *et al.*, 2009).

Bakbenets stegcykel hos halta och ohalta kor analyserades objektivt av Alsaaod *et al.* (2017) med två IMU-enheter fästa vid metatarsus. Data bearbetades av mjukvara och mätningarna filmades även med videokamera. Filmen och data från accelerometrarna synkroniserades så att data gick att koppla till visuell bedömning.

Indelningen av halt respektive ohalt ko skedde subjektivt med tre erfarna bedömare. Kor som uppvisade asymmetri vid objektiv mätning men graderats som ohalta subjektivt undersöktes noga varpå klövlesjoner hittades. Slutsatsen blev att metoden med accelerometer tillsammans med mjukvara som bearbetar data från IMU-enheter för vidare statistisk analys har en hög precision och kan användas för att upptäcka även lindrig hälta hos mjölkkor med unilateral bakbenshälta.

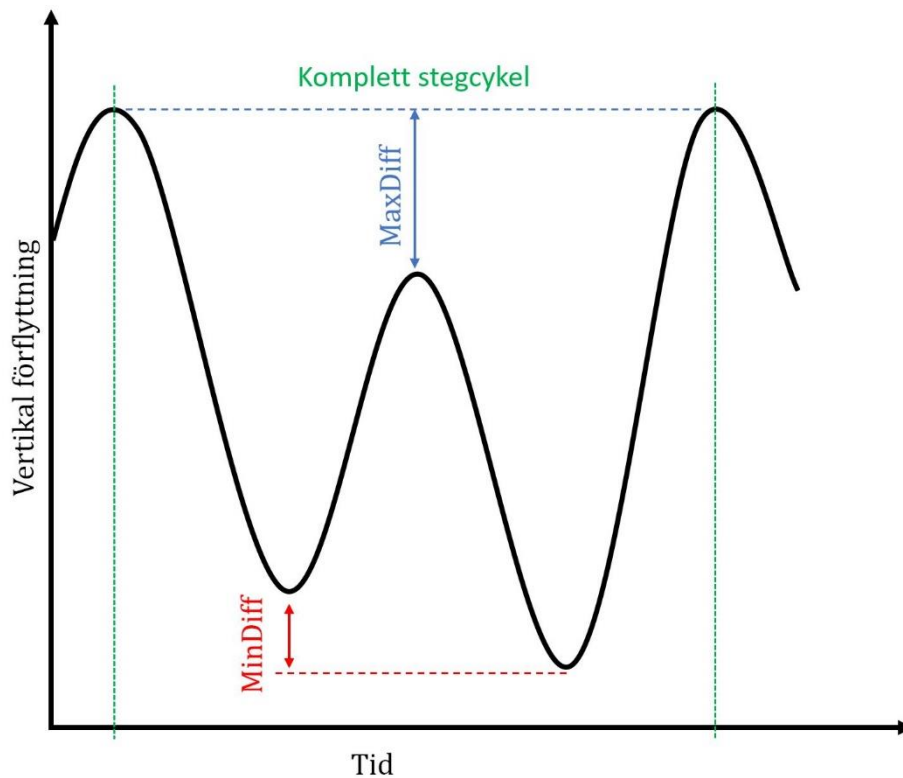
En studie som fokuserade på att hitta det första tecknet på hälta hos varje individ genomfördes av Haladjian *et al.* (2018). De samlade in data om individuella kors normala rörelsemönster i sin vanliga stallmiljö genom en accelerometer fäst vid vänster bakben. Data laddades sedan via en mottagare i mjölkroboten över till en dator med mjukvara som räknade fram normalt rörelsemönster för den individuella kon att ha som utgångsläge att använda vid framtida hältövervakning. Sedan fästes en kloss på vänster bakbens laterala klövhalva för att inducera en förändring av normal rörelse. Därefter fortsatte mätningen och data överfördes från accelerometern till datorn en gång/dygn. Varje kos rörelsedata jämfördes med kons egen baseline, och avvikelser kunde hittas med 91,1 % noggrannhet.

I en tysk studie av Mangweth *et al.* (2012) av 14 ohalta kor, enligt skalan av Sprecher *et al.* (1997), analyserades kons rörelse i skritt med hjälp av en enda 3D-accelerometer fäst vid tuber sacrale. Syftet var att mäta sacruns rörelse i skritt på ohalt ko. Samtliga mätvärden i de tre dimensionerna konstaterades vara symmetriska på ohalta kor. Därefter fästes en 19 mm hög plastkloss vid mediala klövhalvan på ena bakbenet, varpå rörelsemätningen i skritt upprepades. Det enda mätvärdet som uppvisade signifikant skillnad efter klossning var sacruns vertikala rörelse. Korna bedömdes som ohalta enligt Sprecher-skalan även efter klossning då ingen krumning av ryggen sågs. Man drog därför slutsatsen att en kloss fäst under mediala bakklöven troligtvis inte orsakar kon smärta, utan att rörelseavvikelsen som ses kan klassas som en rörelseasymmetri. Vidare anses att data från mätning av ohalta kor kan användas som norm vid framtida jämförelser med kliniskt halta kor.

2.5.2. Mätsystemet EquiMoves

I denna studie användes det kinematiska rörelsemätningssystemet EquiMoves vid rörelsemätning av kor. Systemet består av flera Inertial Measurement Units, IMU-enheter, en trådlös signalmottagare, samt EquiMoves mjukvara installerat i en dator. Varje IMU enhet innehåller sensorer för acceleration, gyroskop samt kompass och kan således mäta rörelse i tre dimensioner. IMU-enheterna fästs på olika delar av kroppen och möjliggör mätning av både överlinjens och benens rörelser. Dessa synkroniseras med precisionen 100 nanosekunder och mäter i realtid hur varje kroppsdel individuellt rör sig vertikalt, lateralt, samt om ben abduceras eller adduceras. Sensorerna skickar data till signalmottagaren som kommunicerar med

EquiMoves mjukvara. Räckvidden för dataöverföring mellan sensor och mottagare är 30 meter och data kan även lagras lokalt i sensorn och överföras i efterhand om avståndet blir längre. Varje IMU-enhet skickar in sina signaler separat till mottagaren och mjukvaran bearbetar dessa.



Figur 5. Illustration för hur ett grafiskt resultat från EquiMoves kan se ut för en komplett stegcykel i skritt med avseende på sacrum's vertikala rörelse. Parametrarna MinDiff och MaxDiff har visats användbara för att utvärdera hälla hos häst i trav enligt Bosch *et al.* (2018).

Den data som erhålls från EquiMoves är acceleration (m s^{-2}) för de respektive sensorerna, vilket är användbart i sig och kan vidare omvandlas till förflyttning (m) av de kroppsdelar de är kopplade till. Figur 5 visar ett illustrativt exempel på hur resultat från EquiMoves kan se ut med avseende på sacrum's vertikala rörelse, såsom rapporterats för halt häst i tidigare studie (Bosch *et al.*, 2018). Ett symmetriskt steg för höger och vänster ben ger två lika stora toppar och dalar, medan asymmetri i hästens steg ger upphov till skillnader i vertikal rörelse, vilket avspeglas i kurvan som MaxDiff för dalarna och MaxDiff för topparna. Detta illustreras i Figur 5.

EquiMoves påvisades ha god överensstämmelse med ett Optical Motion Capture System, OMC-system, som beskriver rörelse mycket exakt, i en jämförande studie vid mätning av hälla hos häst (Bosch *et al.*, 2018). Högst överensstämmelse uppvisades vid jämförelse av data för tuber sacrales vertikala rörelse. Studien kunde

dock inte utvärdera systemens förmåga att mäta huvudets vertikala rörelse på grund av OMC-kamerornas placering.

2.5.3. Hältbedömning med kinetiska metoder

Kinetisk rörelseanalys innebär mätning av kraft mot underlaget, till exempel kan en tryckmätande matta användas. Scott (1989) mätte belastningsfördelning på ben under 10 sekunder och kom fram till att halta ben hos nöt ofta, men inte alltid avlastas på ett sätt som går att upptäcka med tryckmatta. Pluk *et al.* (2012) använde sig av en kombinerad metod där kor efter mjölkning gick på en tryckmatta samtidigt som mätning av vinkeln på metacarpus och metatarsus skedde. Slutsatsen blev att metoden kan fungera för automatiserad håltövervakning i besättningar med robotmjölkning. Mätningen videofilmades och använde sig av subjektiva bedömare för att verifiera metoden med håltbedömning på en tregradig skala. Tasch and Rajkondawar (2004) utvecklade systemet Soft Separator att använda i stallmiljö på en plats där korna vanligen passerar. Belastningen på ben mättes och avläsning av kons identitet skedde samtidigt. En begränsning med kinetiska metoder är att endast några enstaka steg kan mätas vilket ökar bias risken (Haladjian *et al.*, 2018).

2.5.4. Hältbedömning med andra metoder

En studie då klövar värmescannades med infrarött ljus uppmätte en signifikant högre klövtemperatur hos kor med håltgradering 3 på en tregradig skala, men slutsatsen var att metoden inte är lämplig att använda för att upptäcka hålt tidigt i sjukdomsförloppet (Rodríguez *et al.*, 2016).

Poursaberi *et al.* (2011) utvecklade en algoritm, body movement pattern, BMP, som grundar sig på rygglinjens vinkel. Viazzi *et al.* (2013) använde algoritmen i ett försök där korna videofilmades och filmerna databearbetades för att få fram en håltscoring på en tregradig skala. Filmerna graderades även av subjektiva bedömare. De kom fram till att det i många fall blev rätt klassificering, men att lindrigare håltor hade lägst överensstämmelse. Vidare var det stora individuella skillnader mellan djur beroende på ålder, exteriör och ras. En begränsning att beakta med visuella metoder är att djuret mäts en mycket kort tid (Haladjian *et al.*, 2018).

Beteendeförändringar går att relatera till hålt enligt O'Callaghan *et al.* (2003). Metoder som används för att övervaka kornas dagliga aktiviteter som rörelse, foderintag, idissling, liggtid och mjölkproduktion kan tillsammans användas för att hitta halta kor (Van Hertem *et al.*, 2013). Halta kor har längre liggtid än ohalta, men det finns även många andra faktorer än hålt som påverkar om en ko ligger mer än förväntat (Westin *et al.*, 2016). Minskad aktivitet ses visserligen vid hålt men först

i ett senare skede enligt Haladjian *et al.* (2018), som anser att en metod för tidig hältupptäckt bör grundas på förändring av steget. I en studie av Alsaaod *et al.* (2012) rapporteras aktiviteten variera mer mellan individer än mellan halta och ohalta kor.

2.5.5. Är metoder för rörelseanalys av häst tillämpbara?

Hästar och kor har anatomiska skillnader, men i grunden samma fotförflyttning i skritt. Inom såväl klinisk hältutredning som forskning relaterad till hur friska hästar rör sig är objektiv mätning etablerat (Barrey, 1999). Parametrarna som används vid objektiv rörelsemätning av häst är verifierade med flera objektiva system, till skillnad mot de studier gällande mjölkkor som ingår i det här arbetets litteraturstudie där gold-standard varit att verifiera ny teknik med hjälp av subjektiva bedömare. Det gör det intressant att titta på vilka parametrar som studerats på hästsidan samt vilka objektiva metoder som använts för rörelseanalys. En stor skillnad mellan djurslagen är att hältbedömning hos häst främst utförs i trav, som är en tvåtaktig diagonal gångart med en svävningsfas.

I en objektiv studie av Serra Bragança *et al.* (2020) undersöktes hur rörelsemönstret i skritt förändras hos hästar med inducerad frambenshälsa. Bland annat fann man att frambenshälsa gav asymmetri i huvudets och mankens vertikala rörelse.

Signifikant förändring av sacrus vertikala rörelse i skritt sågs vid mätning med fotodioder och en unilateral accelerometer före och efter inducerad bakbenshälsa av 11 hästar som gick på ett löpband (Buchner *et al.*, 1996).

3. Material och metoder

3.1. Studieupplägg

Litteraturstudien i arbetet hade målsättningen att ta reda på hur hälta definierats hos mjölkkor och vilka objektiva metoder som i tidigare studier använts för upptäckande av hälta hos kor. Databaser som använts är PubMed, Google Scholar, Web of Science. Sökord omfattar: Dairycows, lameness, early detection, automatic, objective, accelerometer, kinetic, kinematic, walk. Vidare hittades relevanta källor i referenser hos artiklar som kom upp vid databassökningar.

Den praktiska delen av studien begränsades till- och utfördes med syftet att undersöka om mätning av huvudets och tuber sacrales vertikala rörelse i skritt kan användas för att detektera hälta hos mjölkkor. De skulle kunna utgöra möjliga parametrar att jobba vidare med vid utveckling av en automatiserad objektiv metod för att tidigare upptäcka hälta hos kor i ordinarie stallmiljö. Orsaker till hälta och behandlingsstrategier innefattades inte i arbetet.

Datainsamling utfördes i mjölkbesättningen på SLUs forskningscentrum Lövsta, Uppsala, mellan mars och oktober 2020. 21 kliniskt halta mjölkkor, av raserna Svensk Holstein (SH) samt Svensk Röd och vit boskap (SRB) ingick i studien. Mätresultat från 9 kor inkluderades i det slutliga resultatet. Studien genomfördes genom inspelning med videokamera samt rörelsemätning med systemet Equi-Moves. Statistisk bearbetning av mätresultaten skedde i samarbete med forskargruppen.

3.2. Urval av kor

Ordinarie djurskötare på Lövsta meddelade när en halt ko som uppfyllde kriterierna för att delta i studien upptäcktes. Korna var i olika åldrar, dräktighetsstadium och laktation, dock från samma besättning. Subjektiv hältgradering skedde utifrån Sprecher-skalan och hältan tilläts vara max 4 grader. Även kor med hälta på flera ben inkluderades. Kor med en juverstorlek som tydligt påverkar gången, kor som

Tabell 4. Summering av kor, undersökningstillfällen samt patologiska bedömningar i denna studie

Ko, ID	Ras	Datum för observation, halt	Datum för observation, ohalt	Dagar mellan observationer	Klöv diagnostiserad som orsak till hälta	Hältgrad	Patologisk bedömning
A	SH	2020-04-22	2020-06-09	48	VF medialt	3	Klövsulesår
B	SH	2020-04-16	2020-06-09	54	HF medialt	1	White-line disease, var
C	SRB	2020-04-16	2020-06-09	54	VB medialt	3	Dubbelsula, klövröta
D	SRB	2020-03-05	2020-06-09	96	VB lateralt	3	White-line disease, var
E	SRB	2020-03-25	2020-06-09	76	HF medialt	3	White-line disease
F	SH	2020-04-27	2020-10-13	169	HF	3	Sår i kronranden
G	SH	2020-04-16	2020-06-09	54	HB	2	Overkad
H	SRB	2020-04-02	2020-08-07	127	HF lateralt	2	Klövsulesår
I	SRB	2020-05-14	Fortsatt halt	Fortsatt halt	VB lateralt HB lateralt		Abscess Klövsulesår
J	SRB	2020-06-08	2020-08-07	60	VB	1	Limax
K	SRB	2020-10-12	Fortsatt halt	Fortsatt halt	VB lateralt	2	Dubbelsula
L	-	2020-06-18	2020-08-07	50	VB lateralt	4	Sulblödning (trauma)
M	SH	2020-08-31	2020-10-13	43	VB lateralt	1	Dubbelsula (trauma), white-line disease (kroniskt)
N	SRB	2020-08-07	Fortsatt halt	Fortsatt halt	HB lateralt	3.5	Abscess kaudalt
O	SRB	2020-08-17	2020-10-13	57	HB	1	Utan diagnos
P	SH	2020-08-07	2020-10-13	67	HB lateralt	3	Abscess, white-line disease, eksem
Q	SRB	2020-08-07	2020-10-13	67	VB		Trauma interdigitalt, digital dermatit
R	SRB	2020-08-17	2020-10-13	57	HB	0.5	Utan diagnos
S	SH	2020-08-19	2020-10-13	55	HB lateralt	3	Sår kaudomedialt
T	SRB	2020-08-06	2020-10-13	68	VF medialt	3	Sår interdigitalt
U	SRB	2020-08-07	Fortsatt halt	Fortsatt halt	HB lateralt VB lateralt	2,5	HB Abscess och fång VB Klövsulesår

skulle slås ut inom kort samt kor med hälta av en typ som inte bedömdes kunna bli bättre av behandling inkluderades inte i studien. En summering av korna som inledningsvis deltog i denna studie finns i Tabell 4.

3.3. Tillvägagångssätt vid rörelsemätning

Innan varje mättillfälle etablerades en basnivå genom att kon videofilmades 3 x 2 minuter när hon var tillsammans med sin grupp i lösdriften. Där genomfördes även smärtbedömning av kon utifrån The cow pain scale (Gleerup *et al.*, 2015). Klinisk undersökning utfördes innan sensorerna fästes på kon.

Rörelsemätning skedde med rörelseanalyssystemet EquiMoves medan kon drevs lugnt fram och tillbaka i en 35 meter lång gång med betonggolv, två till tre gånger vid varje mättillfälle. Mätningarna videofilmades med en handhållen videokamera (Canon Legria HF R78). Videofilmerna studerades för att välja ut representativa sekvenser från EquiMoves då kon rörde sig i ett jämnt tempo i skritt utan att stanna upp. Från varje ko och mättillfälle valdes en 10 sekunder lång gångsekvens ut för analys av rörelsedata.

Före mätningar med EquiMoves fästes 11 st IMU-enheter på kon. Placering av dessa var bakom hornkammen, i halsbandet, på manken, ryggen, tuber sacrale, samt båda tuber coxae. Superlim användes för att fästa enheterna längs överlinjen. Benens IMU enheter fixerades lateralt med ett band strax ovanför kotleden på alla fyra ben (Figur 6). Detta arbete omfattar endast resultat avseende huvudets och tuber sacrales vertikala rörelse, men vid analysen användes även data från sensorerna på bakbenen för att fastställa när ett steg börjar och slutar. IMU-enheter medger mätning av både överlinjens och benens rörelser och skickar data trådlöst i realtid till signalmottagaren som kommunicerar med EquiMoves mjukvara på en dator. Rådatan från varje IMU-enhet, som representerar den enskilda kroppsdelens rörelse, registreras och bearbetas separat.

EquiMoves startades och IMU-enheter synkroniserades i tid medan kon stod stilla. En knackning på en sensor användes för synkronisering med filmen. EquiMoves-mätningen avslutades när kon åter stod stilla och knackningen på en sensor upprepades.

Efter inledande rörelsemätning av halt ko undersöktes och behandlades kon i verkstol. När kon upplevdes haltfri eller mycket bättre av djurskötare upprepades rörelsemätningen på samma sätt som då hälta först upptäcktes. Tidsspannet mellan inledande mätning och slutlig kontrollmätning varierade mellan 43 och 169 dagar. Varje ko var genom den repeterade mätningen sin egen kontroll. Alla kor i studien mättes vid minst två tillfällen. Första tillfället omgående efter att klinisk hälta



Figur 6. Ko med markeringar där IMU-enheterna fästes. De fyrkantiga ifyllda markeringarna illustrerar placeringen av de IMU-enheter vars data ingår i det här examensarbetet, längs överlinjen vid huvudet respektive sacrum. Solid ring symboliserar sensor på kons högra sida, streckad ring indikerar vänster sida, ifylld cirkel längst överlinjen på kon.

konstaterats av djurskötare, men innan undersökning i verkstol och efterföljande behandling. Andra gången efter behandling. I vissa fall har kon vid mätning två fortfarande visuellt uppfattats som halt och i dessa fall har uppföljande mätning skett efter ytterligare behandling.

3.4. Bearbetning och statistisk analys av rörelsedata

3.4.1. Bearbetning av rörelsedata

Analysen av rörelsedatan gjordes av forskargruppen i programmet MatLab (R2020b, 2020). För varje utvald 10 sekunders sekvens erhöles asymmetrivärden i form av parametrarna MaxDiff och MinDiff för varje steg. Signalen från IMU-enheterna filtrerades och data delades in i steg. Ett medelvärde för alla steg räknades ut. Asymmetrivärden MinDiff respektive MaxDiff beräknades för varje steg i en 10-sekunderssekvens och medeltalen för dessa räknades ut för varje ko. För att underlätta datahanteringen gjordes alla kor om till halta höger bak, då kor som är halta vänster bak ger negativa värden.

3.4.2. Statistisk analys

De statistiska analyserna utfördes i programmet R: A language and environment for statistical computing (4.0.2, 2020). Deskriptiv statistik användes för beskrivning av asymmetriska medelvärden av MaxDiff och MinDiff för huvud och sacrum innan och efter behandling.

Normalfördelning studerades enligt Shapiro-Wilk normality test ($p < 0.05$). För undersökning av möjlig signifikant skillnad mellan resultaten före och efter behandling användes Wilcoxon signed rank test.

4. Resultat

Resultat från nio kor redovisas nedan. Fem av dessa var halta på höger bakben och fyra på vänster bakben enligt klinisk bedömning. En ko saknade mätvärden för huvudet vid mätning innan behandling och från denna ko används därför endast data från IMU-enheten på sacrum.

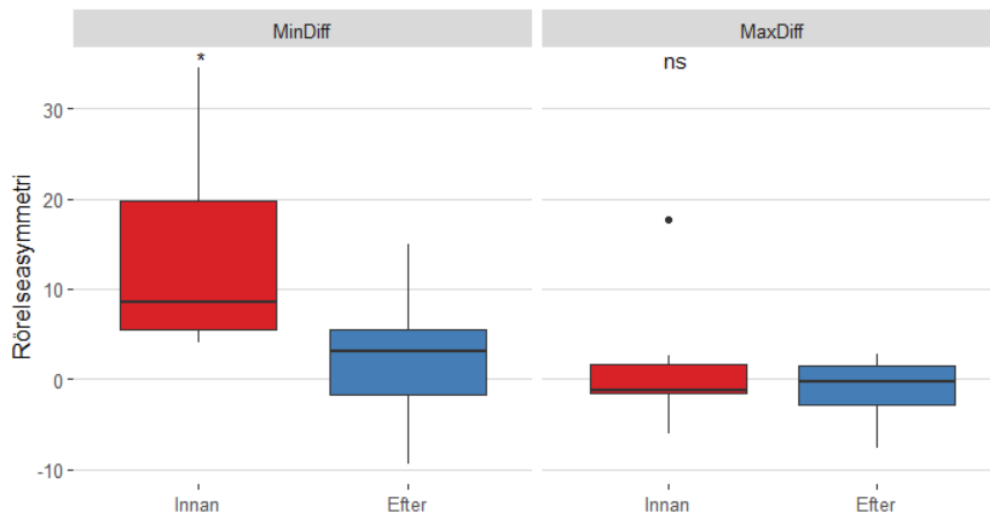
Tabell 5 visar medeltal och standardavvikelse för MinDiff och MaxDiff för sacrums och huvudets vertikala rörelser, innan respektive efter behandling. Figur 6 och Figur 7 visar låddiagram för spridningen av huvudets och sacrums vertikala rörelser, innan respektive efter behandling.

Sacrums MinDiff är den parameter av de fyra analyserade som visar signifikant skillnad före och efter behandling. Wilcoxon signed-rank test användes, för vilket villkoret för signifikans är $p < 0.05$ (95 % konfidensintervall) och sacrums MinDiff var $p = 0.019$. Signifikant skillnad ses inte för sacrums MaxDiff då $p = 1$. Inte heller för huvudets vertikala rörelse ses statistiskt signifikant skillnad då MinDiff har $p = 0.65$ och MaxDiff har $p = 0.96$.

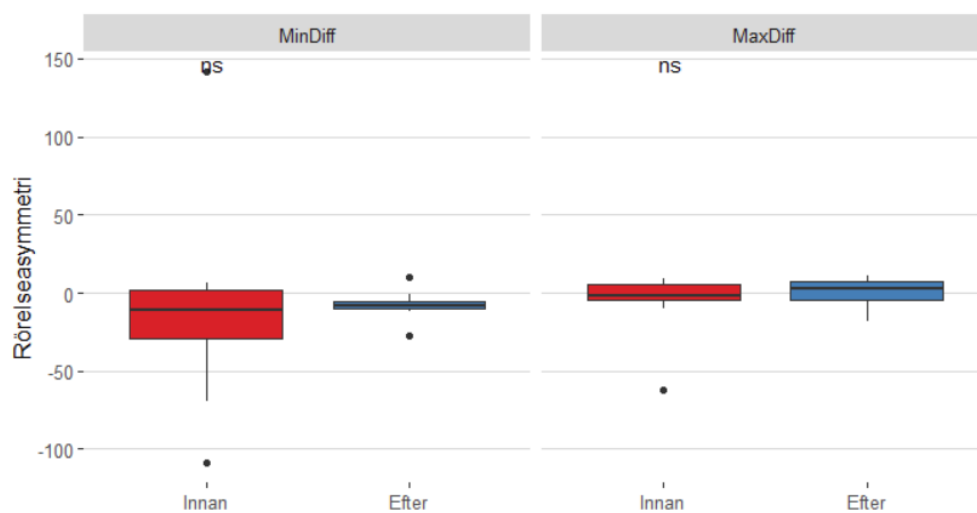
Rörelsedata för valda individuella kor undersöktes i närmare detalj. Exempel ges för ko O avseende huvudets vertikala rörelse i Figur 8 och Figur 9, samt sacrums vertikala rörelse i Figur 10 och Figur 11. Figurerna visar rörelsen över tid för de stegcykler som mätts upp under de 10 sekunder långa mätsekvenser som använts i denna studie. För varje stegcykel i dessa figurer har tiden nollställts och varaktigheten normaliserats, vilket ger möjligheten att studera rörelseskillnaderna stegcyklerna sinsemellan utan tidsinverkan, samt helhetsbilden för dessa stegcykler. Det framgår visuellt att för ko O är sacrums rörelsecykler (Figur 10 och Figur 11) mer enhetliga sinsemellan än huvudets rörelser (Figur 8 och Figur 9). Sacrums rörelse är av tydlig sinuskaraktär såväl före som efter behandling. För huvudets rörelse efter behandling ses sinuskaraktär, även om påtagliga variationer ses för MinDiff och MaxDiff, det vill säga amplituden. Däremot ses innan behandling att rörelserna är mer oregelbundna, dock med tendens åt sinuskaraktär. Rörelser av denna typ är bakomliggande för statistiken i studiens helhet och enhetligheten respektive oenligheten bidrar till standardavvikelse.

Tabell 5. MinDiff och MaxDiff uppmätta för 9 kor i studien innan respektive efter behandling.

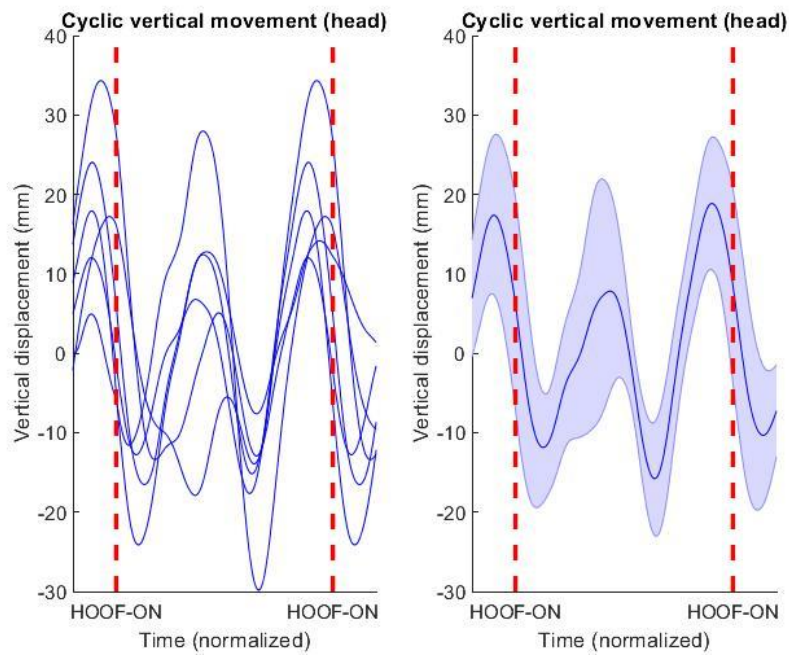
	MinDiff		MaxDiff	
	Medelvärde	Standardavvikelse	Medelvärde	Standardavvikelse
Innan, sacrum	14.28	10.95	0.77	6.85
Efter, sacrum	2.76	8.38	0.95	3.42
Innan, huvud	8.55	72.48	7.39	23.08
Efter, huvud	7.75	10.57	0.08	10.14



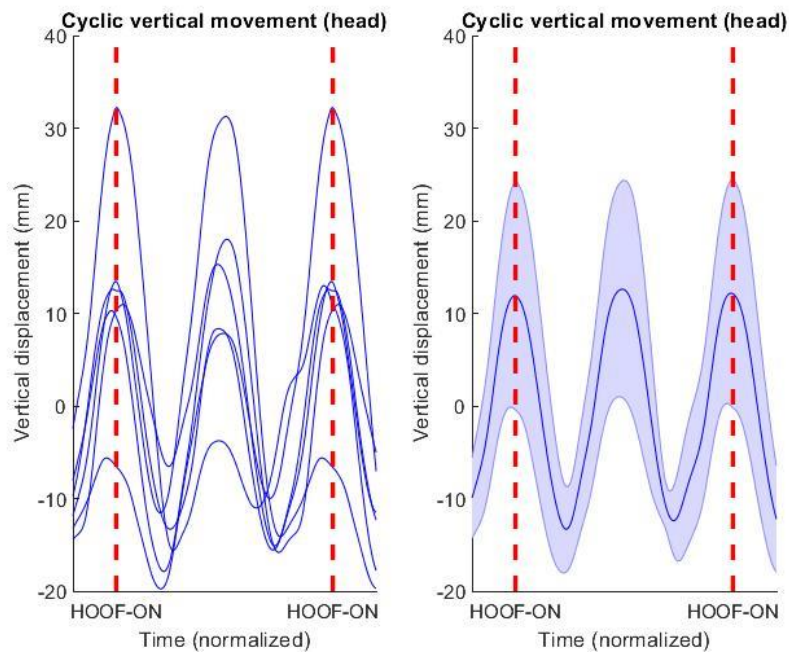
Figur 6. Låddiagram för sacrums MinDiff och MaxDiff, innan respektive efter behandling. Signifikant skillnad ses för MinDiff, dock inte MaxDiff. Outliers indikeras av •. * anger signifikant skillnad innan och efter behandling ($p < 0,05$), medan ns anger att skillnaden inte är signifikant.



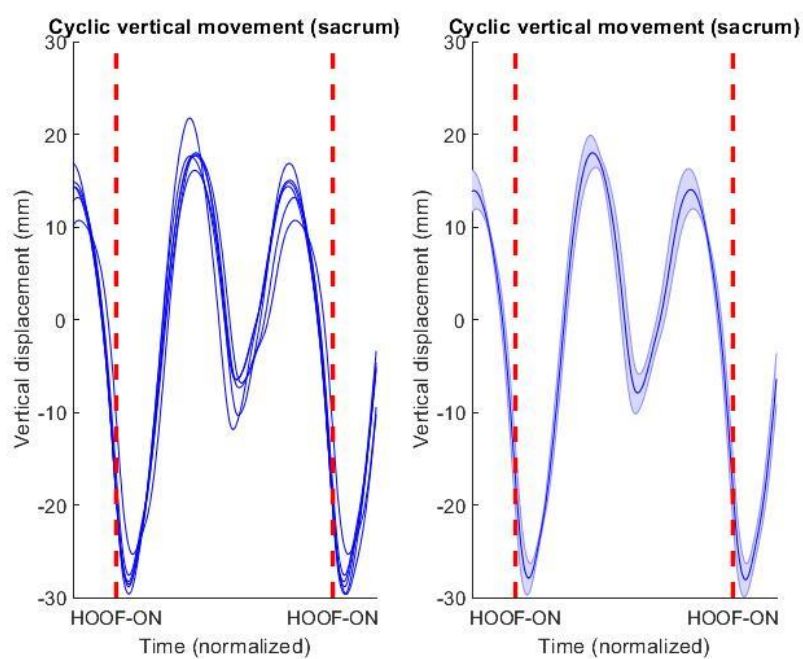
Figur 7. Låddiagram för huvudets MinDiff och MaxDiff, innan respektive efter behandling. Ingen signifikant skillnad ses för varken MinDiff eller MaxDiff. Outliers indikeras av •. * anger signifikant skillnad innan och efter behandling ($p < 0,05$), medan "ns" anger att skillnaden inte är signifikant.



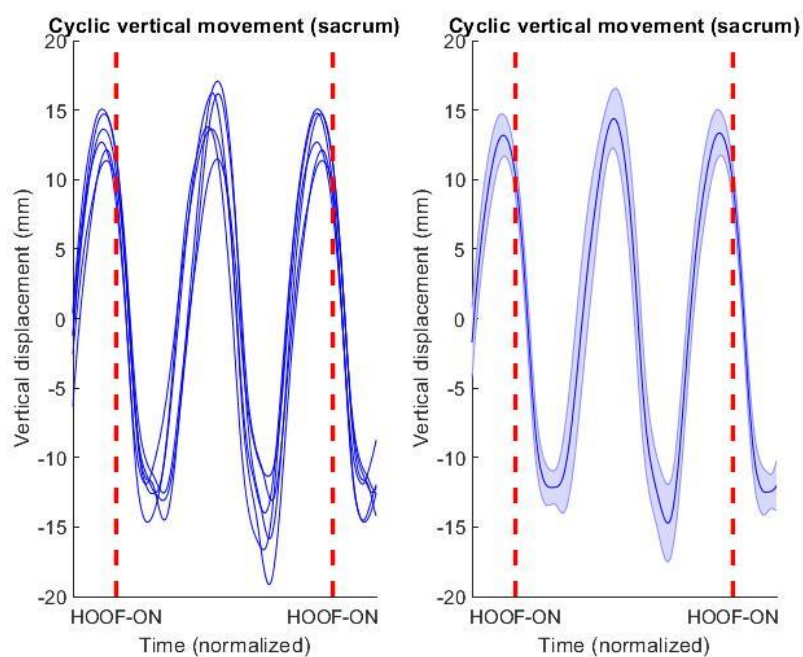
Figur 8. Rörelsedata erhållen genom EquiMoves för Ko O. Huvudets vertikala rörelse vid mätning innan behandling.



Figur 9. Rörelsedata erhållen genom EquiMoves för Ko O. Huvudets vertikala rörelse vid mätning efter behandling.



Figur 10. Rörelsedata erhållen genom EquiMoves för Ko O. Sacrums vertikala rörelse vid mätning innan behandling.



Figur 11. Rörelsedata erhållen genom EquiMoves för Ko O, Sacrums vertikala rörelse vid mätning efter behandling.

5. Diskussion

Studien är, såvitt författaren känner till, först med att objektivt mäta kliniskt halta kor för att sedan upprepa mätning av samma kor efter tillfrisknande och på så sätt låta varje ko vara sin egenkontroll. Tillvägagångssättet att jämföra varje ko med sig själv medför att hänsyn tas till den individuella variation i rörelsemönster som normalt finns hos kor, vilket ger mer styrka till resultaten även om relativt få djur inkluderades i studien.

Syftet med studien var att undersöka möjligheten till upptäckt av hälta hos kor genom objektiv mätning av sacrum och huvudets vertikala rörelse i skritt. Det bekräftades att sacrum's vertikala rörelse kan användas för att särskilja mellan bakbenshalta och ohalta mjölkkor.

I enlighet med litteraturen sågs symmetrisk vertikal rörelse för sacrum under en stegcykel hos ohalta kor. Hypotesen var att asymmetri i vertikal rörelse uppstår vid hälta och ger upphov till skillnader för parametrarna MinDiff och/eller MaxDiff jämfört med ohalt ko, vilket delvis kan bekräftas då endast MinDiff ändrades signifikant efter behandling.

Sacrum's lägsta punkt, som ger grunden till värdet för MinDiff, uppmättes när kon hade tvåbensunderstöd (se exempel i Figur 10 och Figur 11 för rörelsemönster). Värdet för MinDiff blir större hos en halt ko än hos en frisk ko.

Vid visuell bedömning av en halt ko från sidan framstår avståndet mellan det ohalta bakbenet och det halta bakbenet som kortare när det halta benet belastas. Troligtvis förs det halta benet inte lika långt framåt in under kons tyngdpunkt som det ohalta benet. När det halta benet belastas i det framsträckta läget är de båda bakbenen närmare varandra och sacrum sjunker inte ned lika mycket som när det ohalta benet är framsträckt. Ett större avstånd mellan de två bakbenen ses då det ohalta benet troligtvis förs längre framåt mot tyngdpunkten vid isättningen. Detta resulterade i en lägre lägsta punkt av sacrum.

För sacrum's MaxDiff sågs ingen signifikant skillnad mellan halta och ohalta kor. En trolig förklaring till detta är att kon bär vikt på ett bakben rakt under sig när

sacrum är på sin högsta punkt i stegcykeln. Den belastningen kanske är svår för kon att ändra på biomekaniskt eller om någon kompensation för att minska belastningen inte behövs vid denna grad av hälta, vilket gör att högsta punkten var nästintill likadan i halt och ohalt tillstånd för dessa kor.

Signifikant skillnad för sacrums MinDiff kunde uppmätas mellan halta- respektive ohalta kor, före- respektive efter behandling, hos alla kor utom en. Den avvikande kon, som inte visade skillnad i MinDiff före och efter behandling, utan istället en högre MaxDiff, hade en betydligt kraftigare hälta än övriga kor.

Huvudets vertikala rörelse, beskrivet i litteraturstudien (Figur 2), förväntades vara symmetriskt med en kurva liknande den som uppmättes för sacrum men med skillnaden att huvudet har sin högsta punkt när båda frambenen bär vikt och sin lägsta punkt vid understöd av ett framben. Vid den här studien uppmättes asymmetri av huvudets vertikala rörelse hos de flesta kor både före och efter behandling. Ingen signifikant skillnad i asymmetri för huvudets vertikala rörelse mellan halt och ohalt kunde ses. Detta kan förklaras med att korna hade möjlighet att röra huvudet fritt under mätningarna och påverkades både av drivning och den nya miljön runtomkring, vilket anses starkt ha bidragit till svårtolkade resultat. Spridningen mellan kor var stor. Potentialen som finns i att använda huvudets vertikala rörelse för att upptäcka hälta motiverar vidare forskning.

Trots en standardiserad urvalsprocess där korna mättes under samma förutsättningar så blev bortfallet stort. Inledande mätningar utfördes på 21 kor, varav endast nio genererade användbara resultat för den här studien. Orsaker till bortfall av kor listas nedan.

- Två kor hade vi mättekniska problem med och korrekt data insamlades inte
- Tre kor blev inte ohalta efter behandling inom studiens tidsram
- Två kor exkluderades på grund av frambenshälta
- Fem kor fick inga asymmetrivärden för sacrum eller huvud i MatLab

De fem kor vars asymmetrivärde inte kunde användas för utvärdering i MatLab är av särskilt intresse, dock kräver utvärderingen av denna aspekt studier bortom ramen för detta arbete avseende signalupptag och signalbehandling.

Vidare finns aspekten att det första urvalet av kor skedde subjektivt och det är troligt att lindriga hältor som hade kunnat uppmätas objektivt i studien inte upptäcktes av djurskötarna. Hältorna i denna studie är därför sannolikt kraftigare än det som eftersträvas upptäckas med en automatiserad objektiv metod, vars användning har till syfte att upptäcka hältor tidigt. Resultaten och studiens syfte anses dock inte påverkas av dessa kraftigare hältor, då syftet är att kvalitativt avgöra om objektiv

håltbedömning överhuvudtaget är möjligt. Faktumet att varje ko är sin egen kontroll möjliggör att man kan utöka studien med ytterligare kor med potentiellt lägre håltgrad och även utvärdera effekten av smärtlindring.

Rörelseanalyssystemet EquiMoves valdes för att det ger möjlighet att använda ett större antal IMU-enheter som enskilt mäter och skickar 3D rörelsedata på olika kroppsdelar till mottagaren än flera andra system. I denna studie utvärderades resultat från två sensorer, även om fler sensorer monterades på korna. Förfarandet med objektiv jämförelse av EquiMoves med OMC-system, som just nu anses vara ett av de bästa sätten att mäta rörelse på, ger god trovärdighet till EquiMoves förmåga att bedöma rörelser och hitta rörelseavvikelser. Detta jämfört med de sätt som tidigare använts på kosidan där subjektiva bedömare har varit facit för att bedöma om de objektiva data som samlats in kan avgöra om en ko är halt eller inte.

Mätning av huvudets vertikala rörelse med EquiMoves kunde inte verifieras mot OMC på grund av placeringen av mätutrustning i OMC-mätningarna (Bosch et al., 2018). Tekniken med rörelsemätning för tidig håltupptäckt med trådlösa IMU-enheter är intressant att utveckla och använda för automatiserad håltupptäckt av flera skäl. Den är kostnadseffektiv, kan placeras så att den stör kon minimalt och kan sannolikt kopplas till de befintliga aktivitetsövervakningssystem av kor som redan används på många gårdar.

Gällande mätmetodens användbarhet i stallmiljö, styrker denna studie att IMU-baserade mätningar potentiellt medger tidig upptäckt av hälta. Att finna lämpliga gränsvärden för asymmetri som indikator på hälta kvarstår att utreda. Små asymmetrier kan rymmas inom normalvariation och ska inte leda till larm om misstänkt hälta, då det blir tidskrävande och kostsamt om alla asymmetrier följs upp i verkstol.

Att hitta en i praktiken fungerande placering av IMU-enheten/enheterna är viktigt. Även om sacrum visat sig lämplig ur rörelseanalytisk synpunkt är miljön i ett mjölkkestall ogynnsam för sådan sensorplacering. Korna kliar sig gärna mot inredning och borstar, samt hoppar upp på varandra vid brunst. Att få en IMU-enhet att sitta kvar på sacrum vore utmanande i längden. Därför är det även av intresse att vidare undersöka potentialen att använda huvudets rörelse för att upptäcka hälta. Att fästa en IMU-enhet i halsbandet och låta kon ha den en längre tid i sin ordinarie miljö skulle möjliggöra en naturligare mätning av huvudets vertikala rörelse och eventuellt upptäcka asymmetri. Transpondrar används redan idag i syfte att kontrollera och mäta rörlighet och foder. Risken finns dock att halsbandets rörlighet i tre dimensioner orsakar ytterligare svårighet vid tolkning av signalen från IMU-enheten (se Figur 8 och Figur 9).

Detta arbete har begränsats till att undersöka de vertikala rörelserna av sacrum och huvud hos ett fåtal kor från samma besättning. Större studiepopulation skulle ge bättre statistiskt underlag. Resultaten har under arbetets gång i samråd med forskargruppen begränsats till mätdata från bakbenshalta kor. Det vore av värde att genomföra en liknande studie av frambenshalta kor.

Vid fortsatt forskning skulle den statistiska jämförbarheten kunna förbättras genom att samma antal steg analyseras för alla kor. I den nuvarande studien användes samma tidsram, 10 sekunder, för alla stegsekvenser. Dock varierade antalet steg inom denna tidsram och således de statistiska underlagen för till exempel Figur 6 och Figur 7. Variationen anses dock vara en möjlighet till optimering snarare än avgörande för studiens gedigenhet. Oavsett om mätintervallet avser tid eller antal steg, vore det av intresse att utöka omfattningen av datainsamlingen för att bättre förstå hur signalen kan variera över tid och hur systemet lämpar sig i ordinarie stallmiljö.

Vidare utveckling och studier behövs, till exempel genom ett mer standardiserat försök med kor som är unilateralt bakbenshalta i ett led att validera IMU-baserade system som EquiMoves även i detta avseende. Ytterligare något tillfälle med smärtbedömning och utvärdering av smärtlindring i samband med hältupptäckt och kort efter behandling skulle kunna ge mervärde till liknande studier. Om det visar sig att smärtlindring ger snabbare återhämtning kan det ha positiv inverkan på djurvälfaerden i framtiden då kor med smärta enligt litteraturstudien nu ofta inte får adekvat smärtlindring.

6. Konklusion

Studien visar att objektiv mätning av sacrums vertikala rörelse i skritt verkar lovande för att upptäcka bakbenshåla hos mjölkkor. Det accelerometerbaserade systemet EquiMoves är tillämbart för sådan mätning i försöksmiljö. Dock behövs fler studier för att validera EquiMoves för hältdetektion i skritt hos kor innan det introduceras i praktiken.

Referenser

- Alsaad, M., Luternauer, M., Hausegger, T., Kredel, R. & Steiner, A. (2017). The cow pedogram-Analysis of gait cycle variables allows the detection of lameness and foot pathologies. *Journal of Dairy Science*, 100, 1417-1426.
- Alsaad, M., Römer, C., Kleinmanns, J., Hendriksen, K., Rose-Meierhöfer, S., Plümer, L. & Büscher, W. (2012). Electronic detection of lameness in dairy cows through measuring pedometric activity and lying behavior. *Applied Animal Behaviour Science*, 142, 134-141.
- Austin, E., Deary, I., Edwards-Jones, G. & Arey, D. (2005). Attitudes to farm animal welfare: factor structure and personality correlates in farmers and agriculture students. *Journal of Individual Differences*, 26, 107-120.
- Barker, Z. E., Leach, K. A., Whay, H. R., Bell, N. J. & Main, D. C. J. (2010). Assessment of lameness prevalence and associated risk factors in dairy herds in England and Wales. *Journal of Dairy Science*, 93, 932-941.
- Barrey, E. (1999). Methods, applications and limitations of gait analysis in horses. *The Veterinary Journal*, 157, 7-22.
- Beer, G., Alsaad, M., Starke, A., Schuepbach-Regula, G., Müller, H., Kohler, P. & Steiner, A. (2016). Use of extended characteristics of locomotion and feeding behavior for automated identification of lame dairy cows. *PLOS ONE*, 11, e0155796.
- Booth, C. J., Warnick, L. D., Gröhn, Y. T., Maizon, D. O., Guard, C. L. & Janssen, D. (2004). Effect of lameness on culling in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 87, 4115-4122.
- Borderas, T. F., Fournier, A., Rushen, J., & De Passille, A. M. B. (2008). Effect of lameness on dairy cows' visits to automatic milking systems. *Canadian Journal of Animal Science*, 88, 1-8.
- Bosch, S., Serra Bragança, F., Marin-Perianu, M., Marin-Perianu, R., Van Der Zwaag, B. J., Voskamp, J., Back, W., Van Weeren, R. & Havinga, P. (2018). EquiMoves: A wireless networked inertial measurement system for objective examination of horse gait. *Sensors (Basel)*, 18.
- Buchner, H. H. F., Savelberg, H. H. C. M., Schamhart, H. C. & Barnveld, A. (1996). Head and trunk movement adaptations in horses with experimentally induced fore- or hindlimb lameness. *Equine Veterinary Journal*, 28, 71-76.

- Channon, A. J., Walker, A. M., Pfau, T., Sheldon, I. M. & Wilson, A. M. (2009). Variability of Manson and Leaver locomotion scores assigned to dairy cows by different observers. *Veterinary Record*, 164, 388-392.
- Chapinal, N., De Passillé, A. M., Weary, D. M., Von Keyserlingk, M. a. G. & Rushen, J. (2009). Using gait score, walking speed, and lying behavior to detect hoof lesions in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 92, 4365-4374.
- Clarkson, M. J., Downham, D. Y., Faull, W. B., Hughes, J. W., Manson, F. J., Merritt, J. B., Murray, R. D., Russell, W. B., Sutherst, J. E. & Ward, W. R. (1996). Incidence and prevalence of lameness in dairy cattle. *Veterinary Record*, 138, 563-567.
- Cramer, G., Lissemore, K. D., Guard, C. L., Leslie, K. E. & Kelton, D. F. (2008). Herd- and cow-level prevalence of foot lesions in Ontario dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 91, 3888-3895.
- Espejo, L. A., Endres, M. I. & Salfer, J. A. (2006). Prevalence of lameness in high-producing holstein cows housed in freestall barns in Minnesota. *Journal of Dairy Science*, 89, 3052-3058.
- Fabian, J., Laven, R. A. & Whay, H. R. (2014). The prevalence of lameness on New Zealand dairy farms: A comparison of farmer estimate and locomotion scoring. *Veterinary Journal*, 201, 31-38.
- Flecknell, P. (2008). Analgesia from a veterinary perspective. *BJA: British Journal of Anaesthesia*, 101, 121-124.
- Flower, F. C., Sanderson, D. J. & Weary, D. M. (2005). Hoof pathologies influence kinematic measures of dairy cow gait. *Journal of Dairy Science*, 88, 3166-3173.
- Flower, F. C. & Weary, D. M. (2006). Effect of hoof pathologies on subjective assessments of dairy cow gait. *Journal of Dairy Science*, 89, 139-146.
- Flower, F. C. & Weary, D. M. (2009). Gait assessment in dairy cattle. *Animal*, 3, 87-95.
- Gleerup, K. B., Andersen, P. H., Munksgaard, L. & Forkman, B. (2015). Pain evaluation in dairy cattle. *Applied Animal Behaviour Science*, 171, 25-32.
- Griffiths, B. E., Grove White, D. & Oikonomou, G. (2018). A cross-sectional study into the prevalence of dairy cattle lameness and associated herd-level risk factors in England and Wales. *Frontiers in Veterinary Science*, 5, 65-65.
- Haladjian, J., Haug, J., Nüske, S. & Bruegge, B. (2018). A wearable sensor system for lameness detection in dairy cattle. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2, 27:<https://doi.org/10.3390/mti2020027>
- Herlin, A. H. & Drevemo, S. (1997). Investigating locomotion of dairy cows by use of high speed cinematography. *Equine Veterinary Journal, Supplement*, 23, 106-109.
- Horseman, S., Roe, E., Huxley, J., Bell, N., Mason, C. & Whay, H. (2014). The use of in-depth interviews to understand the process of treating lame dairy cows from the farmers? perspective. *Animal Welfare*, 23.

- Hugonnard, M., Leblond, A., Keroack, S., Cadoré, J. L. & Troncy, E. (2004). Attitudes and concerns of French veterinarians towards pain and analgesia in dogs and cats. *Veterinary Anaesthesia and Analgesia*, 31, 154-163.
- Leach, K. A., Whay, H. R., Maggs, C. M., Barker, Z. E., Paul, E. S., Bell, A. K. & Main, D. C. J. (2010). Working towards a reduction in cattle lameness: 1. Understanding barriers to lameness control on dairy farms. *Research in Veterinary Science*, 89, 311-317.
- Livingston, A. (2010). Pain and analgesia in domestic animals. In: Cunningham, F., Elliott, J. & Lees, P. (eds.) *Comparative and Veterinary Pharmacology*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Loscher, D. M., Meyer, F., Kracht, K. & Nyakatura, J. A. (2016). Timing of head movements is consistent with energy minimization in walking ungulates. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283, 20161908.
- Mangweth, G., Schramel, J. P., Peham, C., Gasser, C., Tichy, A., Altenhofer, C., Weber, A. & Kofler, J. (2012). Lameness detection in cows by accelerometric measurement of motion at walk. *Berliner und Münchener Tierärztliche Wochenschrift*, 125, 386-396.
- Mccracken, M. J., Kramer, J., Keegan, K. G., Lopes, M., Wilson, D. A., Reed, S. K., Lacarrubba, A. & Rasch, M. (2012). Comparison of an inertial sensor system of lameness quantification with subjective lameness evaluation. *Equine Veterinary Journal*, 44, 652-656.
- Nordlund, K. V., Cook, N. B. & Oetzel, G. R. (2004). Investigation strategies for laminitis problem herds. *Journal of Dairy Science*, 87, Supplement E27-E35.
- O'Callaghan, K. (2002). Lameness and associated pain in cattle - challenging traditional perceptions. *In Practice*, 24, 212-219.
- O'Callaghan, K. A., Cripps, P. J., Downham, D. Y. & Murray, R. D. (2003). Subjective and objective assessment of pain and discomfort due to lameness in dairy cattle. *Animal Welfare*, 12, 605-610.
- O'Leary, N. W., Byrne, D. T., O'Connor, A. H. & Shalloo, L. (2020). Invited review: Cattle lameness detection with accelerometers. *Journal of Dairy Science*, 103, 3895-3911.
- Pastell, M., Tiisanen, J., Hakojärvi, M. & Hänninen, L. (2009). A wireless accelerometer system with wavelet analysis for assessing lameness in cattle. *Biosystems Engineering*, 104, 545-551.
- Phillips, C. J. C. & Morris, I. D. (2001). The locomotion of dairy cows on floor surfaces with different frictional properties. *Journal of Dairy Science*, 84, 623-628.
- Pluk, A., Bahr, C., Leroy, T., Poursaberi, A., Song, X., Vranken, E., Maertens, W., Van Nuffel, A. & Berckmans, D. (2010). Evaluation of step overlap as an automatic measure in dairy cow locomotion. *Transactions of the ASABE*, 53, 1305-1312.

- Pluk, A., Bahr, C., Poursaberi, A., Maertens, W., Van Nuffel, A. & Berckmans, D. (2012). Automatic measurement of touch and release angles of the fetlock joint for lameness detection in dairy cattle using vision techniques. *Journal of Dairy Science*, 95, 1738-1748.
- Popescu, S., Borda, C., Mahdy, C. E. & Diugan, E. A. (2013). Prevalence and severity of lameness in dairy cows housed in free-stall barns from Transylvania. *Scientific Papers Animal Science and Biotechnologies*, 46(1).
- Poursaberi, A., Bahr, C., Pluk, A., Berckmans, D., Veermäe, I., Kokin, E. & Pokalainen, V. (2011). Online lameness detection in dairy cattle using Body Movement Pattern (BMP). *11th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications*, 22-24 Nov. 2011. pp. 732-736.
- Poursaberi, A., Bahr, C., Pluk, A., Van Nuffel, A. & Berckmans, D. (2010). Real-time automatic lameness detection based on back posture extraction in dairy cattle: Shape analysis of cow with image processing techniques. *Computers and Electronics in Agriculture*, 74, 110-119.
- Reader, J. D., Green, M. J., Kaler, J., Mason, S. A. & Green, L. E. (2011). Effect of mobility score on milk yield and activity in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 94, 5045-5052.
- Rodríguez, A. R., Olivares, F. J., Descouvieres, P. T., Werner, M. P., Tadich, N. A. & Bustamante, H. A. (2016). Thermographic assessment of hoof temperature in dairy cows with different mobility scores. *Livestock Science*, 184, 92-96.
- Roughan, J. V. & Flecknell, P. A. (2003). Evaluation of a short duration behaviour-based post-operative pain scoring system in rats. *European Journal of Pain*, 7, 397-406.
- Schlageter-Tello, A., Bokkers, E. a. M., Koerkamp, P. W. G. G., Van Hertem, T., Viazzi, S., Romanini, C. E. B., Halachmi, I., Bahr, C., Berckmans, D. & Lokhorst, K. (2014). Manual and automatic locomotion scoring systems in dairy cows: A review. *Preventive Veterinary Medicine*, 116, 12-25.
- Schlageter-Tello, A., Bokkers, E. a. M., Groot Koerkamp, P. W. G., Van Hertem, T., Viazzi, S., Romanini, C. E. B., Halachmi, I., Bahr, C., Berckmans, D. & Lokhorst, K. (2015). Relation between observed locomotion traits and locomotion score in dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 98, 8623-8633.
- Scott, G. B. (1989). Changes in limb loading with lameness for a number of friesian cattle. *British Veterinary Journal*, 145, 28-38.
- Serra Bragança, F. M., Hernlund, E., Thomsen, M. H., Waldern, N. M., Rhodin, M., Byström, A., Van Weeren, P. R. & Weishaupt, M. A. (2020). Adaptation strategies of horses with induced forelimb lameness walking on a treadmill. *Equine Veterinary Journal*, doi: 10.1111/evj.13344.
- Sjöström, K., Fall, N., Blanco-Penedo, I., Duval, J. E., Krieger, M. & Emanuelson, U. (2017). Lameness prevalence and risk factors in organic dairy herds in four European countries. *Livestock Science*, 208, 44-50.

- Sogstad, Å. M., Østerås, O., Fjeldaas, T. & Nafstad, O. (2007). Bovine claw and limb disorders related to culling and carcass characteristics. *Livestock Science*, 106, 87-95.
- Solano, L., Barkema, H. W., Pajor, E. A., Mason, S., Leblanc, S. J., Zaffino Heyerhoff, J. C., Nash, C. G. R., Haley, D. B., Vasseur, E., Pellerin, D., Rushen, J., De Passillé, A. M. & Orsel, K. (2015). Prevalence of lameness and associated risk factors in Canadian Holstein-Friesian cows housed in freestall barns. *Journal of Dairy Science*, 98, 6978-6991.
- Song, X., Leroy, T., Vranken, E., Maertens, W., Sonck, B. & Berckmans, D. (2007). Automatic detection of lameness in dairy cattle (1)--gait analysis in dairy cattle by vision. *Communications in Agricultural and Applied Biological Sciences*, 72, 23-7.
- Sprecher, D. J., Hostetler, D. E. & Kaneene, J. B. (1997). A lameness scoring system that uses posture and gait to predict dairy cattle reproductive performance. *Theriogenology*, 47, 1179-1187.
- Tasch, U. & Rajkondawar, P. G. (2004). The development of a SoftSeparator™ for a lameness diagnostic system. *Computers and Electronics in Agriculture*, 44, 239-245.
- Thomsen, P. T., Munksgaard, L. & Tøgersen, F. A. (2008). Evaluation of a lameness scoring system for dairy cows. *Journal of Dairy Science*, 91, 119-126.
- Thomsen, P. T., Anneberg, I. & Herskin, M. S. (2012). Differences in attitudes of farmers and veterinarians towards pain in dairy cows. *The Veterinary Journal*, 194, 94-97.
- Thorup, V. M., Munksgaard, L., Robert, P. E., Erhard, H. W., Thomsen, P. T. & Friggens, N. C. (2015). Lameness detection via leg-mounted accelerometers on dairy cows on four commercial farms. *Animal*, 9, 1704-1712.
- Tijssen, M., Serra Braganca, F.M., Ask, K., Rhodin, M., Andersen, P.H., Telezhenko, E., Bergsten, C., Nielen, M., Hernlund, E. (submitted 2020). Biomechanical gait characteristics of straight line walk in clinically sound dairy cows. *Submitted to PLOS ONE 2020-12-03*, PONE-D-20-38036.
- Van De Gucht, T., Saeys, W., Van Nuffel, A., Pluym, L., Piccart, K., Lauwers, L., Vangeyte, J. & Van Weyenberg, S. (2017). Farmers' preferences for automatic lameness-detection systems in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 100, 5746-5757.
- Van Hertem, T., Maltz, E., Antler, A., Romanini, C. E. B., Viazzi, S., Bahr, C., Schlageter-Tello, A., Lokhorst, C., Berckmans, D. & Halachmi, I. (2013). Lameness detection based on multivariate continuous sensing of milk yield, rumination, and neck activity. *Journal of Dairy Science*, 96, 4286-4298.
- Van Nuffel, A., Sprenger, M., Tuytens, F. a. M. & Maertens, W. (2009). Cow gait scores and kinematic gait data: Can people see gait irregularities? *Animal Welfare*, 18, 433-439.
- Van Nuffel, A., Zwervaegher, I., Pluym, L., Van Weyenberg, S., Thorup, V. M., Pastell, M., Sonck, B. & Saeys, W. (2015a). Lameness detection in dairy cows: Part 1. How to

- distinguish between non-lame and lame cows based on differences in locomotion or behavior. *Animals (Basel)*, 5, 838-860.
- Van Nuffel, A., Zwervaegher, I., Van Weyenberg, S., Pastell, M., Thorup, V. M., Bahr, C., Sonck, B. & Saeys, W. (2015b). Lameness detection in dairy cows: Part 2. Use of sensors to automatically register changes in locomotion or behavior. *Animals (Basel)*, 5, 861-885.
- Van Weeren, P. R., Pfau, T., Rhodin, M., Roepstorff, L., Serra Bragança, F. & Weishaupt, M. A. (2017). Do we have to redefine lameness in the era of quantitative gait analysis? *Equine Veterinary Journal*, 49, 567-569.
- Viazzi, S., Bahr, C., Schlageter-Tello, A., Van Hertem, T., Romanini, C. E. B., Pluk, A., Halachmi, I., Lokhorst, C. & Berckmans, D. (2013). Analysis of individual classification of lameness using automatic measurement of back posture in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 96, 257-266.
- Walker, S. L., Smith, R. F., Routly, J. E., Jones, D. N., Morris, M. J. & Dobson, H. (2008). Lameness, activity time-budgets, and estrus expression in dairy cattle. *Journal of Dairy Science*, 91, 4552-4559.
- Weary, D. M., Niel, L., Flower, F. C. & Fraser, D. (2006). Identifying and preventing pain in animals. *Applied Animal Behaviour Science*, 100, 64-76.
- Westin, R., Vaughan, A., De Passillé, A. M., Devries, T. J., Pajor, E. A., Pellerin, D., Siegford, J. M., Vasseur, E. & Rushen, J. (2016). Lying times of lactating cows on dairy farms with automatic milking systems and the relation to lameness, leg lesions, and body condition score. *Journal of Dairy Science*, 99, 551-561.
- Whay, H. (2002). Locomotion scoring and lameness detection in dairy cattle. *In Practice*, 24, 444.

Tack

Jag vill tacka min handledare Marie Rhodin, biträdande handledare Katrina Ask och min hemmacoach Leif Viskari för deras engagemang. Tack Filipe Serra Braganca för analys av rörelsedata! Därtill stort tack till vänner, kollegor och kurskamrater som bidragit med pepp och glada tillrop under arbetets gång!

Populärvetenskaplig sammanfattning

Smärtsamma klövsjukdomar drabbar årligen i medeltal omkring en tredjedel av alla mjölkkor. Smärtan orsakar ändrat beteende. Korna blir halta, ligger mer och går och står mindre vilket leder till minskat foderintag och därmed produceras mindre mängd mjölk. Tillväxten hos unga djur minskar och kon kan få svårare att bli dräktig. Många mjölkkor slås ut tidigare på grund av klövproblem. Förutom lidandet för den enskilda individen innebär produktionsförlusterna minskade intäkter och ökade kostnader för djurhållaren. Produktionsdjurens välfärd är en samhällsfråga som får allt mer uppmärksamhet. Med sänkt hältprevalens och ökad lönsamhet kan djurhållare få bättre möjlighet att leva upp till konsumenternas krav.

Första steget mot att minska förekomsten av hälta är att tidigt upptäckt. Eftersom kor hålls i stora grupper hittas en halt ko vanligen av djurhållaren först när hältan är så kraftig att kon tydligt avlastar benet när hon går. Då kan lidandet, med de negativa konsekvenser som beskrivits ovan, redan ha pågått en tid. Studier visar nedsatt mjölkproduktion i upp till åtta veckor innan hälta upptäcks. Halta kor som behandlas blir ofta smärtfria inom några veckor och återgår till normal produktion. Behandlingen består vanligen av klövvård, bandagering och smärtstillande läkemedel under några dagar.

Forskningen menar att ett effektivt sätt att i ett tidigt skede hitta halta kor i ordinarie stallmiljö kan vara användning av ett automatiskt mätsystem som övervakar hur varje ko rör sig. Ett sådant system som går att använda på gårdsnivå finns ännu inte, men andra typer av aktivitetsmätare är vanliga att använda på mjölkkor idag. Dessa larmar till exempel om en ko plötsligt äter mindre, ligger mer eller producerar mindre mjölk än väntat. För utveckling av ett system som effektivt övervakar rörelsemönster behövs kunskap om hur en ko normalt rör kroppen, och vilka kroppsdelar som tydligt ändrar sitt rörelsemönster vid hälta.

Den här studien genomfördes i mjölkkobesättningen vid Sveriges lantbruksuniversitet i Uppsala mellan mars och oktober 2020 med syftet att mäta hur halta och friska kor rör huvudet och sacrum under gång. Hypotesen var att huvudet och sacrum hos en frisk ko rör sig symmetrisk i vertikal riktning två gånger per steg,

och att man hos en halt ko kan uppmäta skillnader i denna rörelse som en följd av att kon avlastar det onda benet. 20 kor deltog i studien och fullständig mätdata erhöles från nio av dessa. Varje ko mättes omgående då hälta upptäckts samt efter behandling när kon var ohalt. För rörelsemätning användes ett system med trådlösa rörelsesensorer, accelerometrar, fästa vid kons huvud och på sacrum. Mätning utfördes när kon gick fram och tillbaka i en drivgång. Insamlad rörelsedata bearbetades med hjälp av datorprogram. Alla mätningar videofilmades och filmen synkroniserades med data från mätningarna. Sedan jämfördes mätningen för varje enskild ko före och efter behandling vilket ger studien ett större bevisvärde trots att få djur inkluderades.

Slutsatsen av studien blev att det vid bakhenshälta går att uppmäta en signifikant skillnad i korsryggens vertikala rörelse mellan halt och ohalt ko, och den rörelsen kan användas för att fastställa om en ko är halt eller inte. Däremot gick det inte att fastställa en sådan skillnad för huvudets rörelse. Huvudet kan röra sig frikopplat från kons gång och hållningen påverkas bland annat av stress och miljö samt andra djur och människor. Under mätningen befann sig kon skild från övriga ko-gruppen i en okänd miljö och drevs att gå framåt av djurskötaren.

Genom det som är känt från tidigare studiers beskrivning av huvudets rörelse i skritt hos ett avslappnat fyrfota djur borde det vara möjligt att identifiera hälta genom att mäta huvudets vertikala rörelse. Det skulle därför i en framtida studie vara värdefullt att studera huvudets rörelse i kons vanliga stallmiljö under en längre tid. Där rör sig kon mer avslappnat och naturligt än vid en kortare mätning i ny miljö. Sannolikt är det enklare att utveckla ett automatiserat system för hältupptäckt som fungerar i stallmiljö baserat på huvudets rörelser eftersom i stort sett alla kor har ett halsband på sig som en accelerator kan fästas vid.